



Gunnar Torstensson

Kväveutlakning i frilandsodling av sallat på sandig mojord med reducerade N-börvärdesnivåer

Resultat från södra Halland, perioden 1999-2001

Gunnar Torstensson och Göran Ekbladh

Kväveutlakning i frilandsodling av sallat och vitkål på sandig mojord med olika kvävegödslingmodeller

Resultat från södra Halland, perioden 1995-1997

Ekohydrologi 62

Uppsala 2002

Avdelningen för vattenvårdslära

Swedish University of Agricultural Sciences

ISRN SLU-VV-EKOHYD--62--SE

Division of Water Quality Management

ISSN 0347-9307

Tryck: SLU, Uppsala 2002

INNEHÅLL

Torstensson, G. 2002. Kväveutlakning i frilandsodling av sallat på sandig mojord med reducerade N-börvärdesnivåer. Resultat från södra Halland, perioden 1999-2001.	3
Torstensson, G. & Ekbladh, G. 2002. Kväveutlakning i frilandsodling av sallat och vitkål på sandig mojord med olika kvävegödslingmodeller. Resultat från södra Halland, perioden 1995-1997.	19

Kväveutlakning i frilandsodling av sallat på sandig mojord med reducerade N-börvärdesnivåer

Gunnar Torstensson, Avd. för vattenvårdslära, SLU

BAKGRUND

Under perioden 1995-97 studerades vid ovannämnda försöksplats; dels vilka kväveutlakningsnivåer i/efter odling av bl.a. isbergssallat man kan tänkas erhålla på en lätt jord vid konventionellt normalt rekommenderad gödsling, men också huruvida en behovsanpassad gödsling, baserad på den s.k. börvärdesmetoden, kunde bidra till att reducera kväveutlakningen.

Resultaten därifrån visade att efter isbergs-sallat blev kväveutlakningsnivån efter den konventionella gödsling mycket hög och trots att den behovsanpassade gödslingen bidrog till kraftiga reduktioner av utlakningsnivåerna, måste även dessa nivåer bedömas som oacceptabelt höga. Den största reduktionen erhöles med det reducerade börvärdet.

Den behovsanpassade gödslingen i detta försök innebar en sänkning av kvävetillförseln med i snitt 120 kg N/ha och år, utan signifikant påverkan på skörden. Trots detta låg restkvävemängderna i matjorden (0-30 cm) vid första skörden runt 100 kg N/ha, och vanligtvis mellan 60 och 100 kg N/ha (0-60 cm) vid andra skörden. Detta gör att såväl de konventionella rekommendationerna som de tillämpade börvärdena starkt måste ifrågasättas. Det är svårt att se någon rimlig anledning till att så stora kväveöverskott i slutskedet skulle ha någon funktion för vare sig kvantitet eller kvalitet.

Att försöka reducera de höga restkvävemängderna är den absolut första åtgärden som måste vidtagas. Resultaten från de upprepade kväveprofil-provtagningarna (0-90 cm) som utfördes under odlingsperioderna visar också att relativt stora mängder av utlakningsbart kväve ofta ansamlades nedanför sallatens rotzon redan under sommaren. Slutsatsen av detta måste bli att en god anpassning av kvävetillförseln i tiden, i relation till grödans huvudsakliga kväveupptag, är synnerligen viktigt i både kultur 1 och kultur 2. Någon form av behovsanpassad gödsling är troligen nödvändig om miljöbelastningen i sallatsodlingsdistrikten ska kunna reduceras. Närmast till hands tycks, ur praktisk synpunkt, någon form av börvärdesmetod med 1, ev. 2, jordprovtagningar per kultur ligga. Därutöver kan en eftersådd fånggröda, t.ex. höstråg, tänkas vara ett komplement som ytterligare kan reducera utlakningen.

SYFTE OCH MÅLSÄTTNING

Undersökningens övergripande målsättning och syfte var att reducera kväveutlakningen vid odling av isbergssallat med hjälp av en praktiskt användbar metod för styrning av kvävegödslingen i enlighet med grödans behov. Detta innefattar följande punkter:

- belysa hur långt behovsnivån kan sänkas utan att äventyra odlingssäkerhet och skördeutfall
- belysa de prövade behovsnivåernas inverkan på kväveutlakningen
- belysa vilken roll en eftersådd fånggröda kan spela för att ytterligare reducera kväveutlakningen
- belysa kväveupptagets horisontella fördelning (i resp. mellan raderna)

MATERIAL OCH METODER

Försöket inleddes i maj månad 1999 och pågick under i princip tre vegetations- och utlakningsperioder (maj-april). Den sista utlaknings perioden (2001/2002) i denna rapport är något avkortad och avslutades 28 februari år 2002. Detta bedöms inte påverka inte den inbördes jämförelsen mellan ingående led.

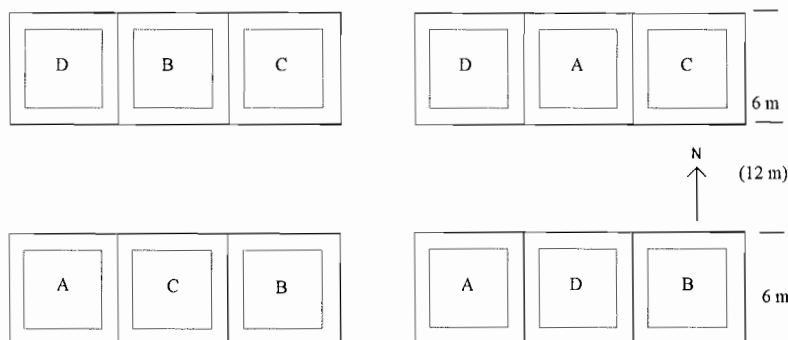
Utformningen av försöksplanen baserades till stor del på de tidigare erfarenheterna från det ovan refererade försöket på Mellby, men i hög grad också på ett gediget datamaterial om kväveupptagets fördelning över tiden som insamlats och sammanställts av Göran Ekblad, som också medverkar i detta projekt.

Utgångspunkterna vid utformningen var:

- Det huvudsakliga N-upptaget börjar först ca 30-35 dagar efter planteringen. Behovet före denna tidpunkt kan täckas med redan tillgängligt och mineraliserat N i marken, plus en låg startgiva som radsprids intill plantraden för att koncentrationen av mineral-N ska bli tillräckligt hög inom plantans rotzon.
- Kvävestyrningen ska kunna baseras på endast en jordprovtagning (0-30 cm) per kultur. Denna utförs 25-30 dagar efter plantering (Tabell 1). Detta är en anpassning till vad som bedöms kunna tillämpas i praktisk odling.
- Att succesivt försöka sänka de förväntade restkvävemängderna vid skörd, i både kultur 1 och kultur 2. Det har gjorts genom en "negativ" N-behovssteg med utgångspunkt från ungefär den reducerade nivån som prövades i det tidigare försöket (Tabell 1). Detta skulle samtidigt att belysa i vilket behovsintervall som gränsen för opåverkad skörd låg.
- Pröva effekten av en eftersädd fånggröda (höstråg) (Led B100+fg, Tabell 1) i kombination med den mellersta behovsnivån. Fånggrödan nedbrukades i mitten av april efterföljande vår.

Uppläggning och försöksled

I försöket studerades *isbergssallat* som odlades i två kulturer per år. Första kulturen planterades första veckan i maj med skörd i början av juli, den andra kulturen skördades normalt i början av september. Försöket omfattade totalt fyra försöksled, varje led odlades på lysimeterparcell med tre upprepningar (Figur 1). Parcellstorleken var 6x6 m med en rad i gränsen. Detta gav tillgång till 10 st "centrala rader" för gröd-och jord-provtagningar.



Figur 1. Lysimeter-parceller vid Mellby, den streckade linjen markerar den teoretiska nettoupp-samlingsytan för vatten.

Försöksfältet, lysimetrar

Lysimeteranläggningen anlades hösten 1989 och ligger på Forslunds gård, ca 5 km sydväst om Laholm i södra Halland. Jordarten är i matjorden måttligt mullhaltig, lerig, sandig grovmo och i alven (till >1,2 m djup) sandig grovmo som praktiskt taget är helt mull- och lerfri.

Lysimetrarna är tillverkade av kraftig gummiduk som är ihopsvetsade till en kvadratisk, 70 cm djup balja med 3,0 meters sida (9 m²) som är centralt placerad i parcellen. Botten på lysimetern ligger på 100 cm djup under markytan vilket innebär att den täta sidan slutar straxt under plogdjup, ca 30 cm under markytan. Denna utformning medför den stora fördelen att all jordbearbetning och andra bruksåtgärder kan utföras på normalt fältmässigt sätt, men medför också att den nackdelen att avrinningsområdets area inte blir exakt definierad vid markytan. Konsekvensen av detta blir att den nominella avrinningen ibland dels kan variera kraftigt mellan olika lysimetrar men också att medelavrinningen under kortare perioder kan bli orealistiskt hög eller låg. Det är därför viktigt att avrinningstalen för transportberäkning stäms av mot nederbörd, bevattning och avdunstning.

Mätningar och provtagningar

Kväveutlakning. Avrinnande vatten från varje lysimeter mättes kontinuerligt med vippkärl och logger, avrinningen registrerades dygnsvis. Provtagningen skedde flödesproportionellt genom att en liten mängd vatten från varannan vippning fångades upp i en flaska (PE). Under provsamlingsperioden förvarades proven mörkt och svalt (nära aktuell marktemperatur). Prov för analys av nitrat- och totalkväve uttogs var fjortonde dag. Vid transportberäkningen multiplicerades först koncentrationerna från den aktuella provomgången med de dygnsvisa avrinningarna under perioden från föregående provtagning och fram till den aktuella.

Dygnstransporterna summerades sedan till månadstransporter som sedan omräknades till integrerade månadsmedelkoncentrationer. Vid den slutliga transportberäkningen multiplicerades månadskoncentrationerna med den nederbördsavtämnda månadsvisa medelavrinningen från försöket.

Mineralkväve i marken, gödsling. Förrådet av växttillgängligt och utlakningsbart mineralkväve mättes med jordprovtagningar enligt Tabell 2. Alla jordprov togs parcellvis. Vid provtagningen ”25-30 dagar efter plantering” och ”efter skörd” togs två prov i matjorden, det ena (A) i raden (inom 12 cm på vardera sidan) och det andra (B) i radmellanrummet. Syftet var att belysa N-upptagets horisontella fördelning. Vid beräkningen av den parcellvisa gödselgivan användes i huvudsak medelvärdet av de två matjords-proven (0-30 cm), men om skillnaden var mycket stor gavs provet från plantraden något större vikt.

Tabell 1. Planerade försöksled och börvärdesnivåer (Ledbeteckningarna syftar på Börvärdet till kultur 1)

Försöksled:	B120	B100	B100+fg	B80
Rel. behovsnivå (%):	100	83	83	65
Kultur 1:				
Startgiva (kg N/ha)	30	30	30	30
Börvärde 25-30 dagar e. pl. (kg N/ha)	120	100	100	80
Kultur 2:				
Startgiva (kg N/ha)	30	30	30	30
Börvärde 25-30 dagar e. pl. (kg N/ha)	110	90	90	70
Eftersådd fånggröda (höstråg)	Nej	Nej	Ja	Nej

Proven i matjorden (0-30 cm) togs med vanligt markkarteringsborr (16 stick/parcell) och i alven med ett smalt rör-borr (8 stick/parcell). Prover som skulle användas för gödslingsstyrning extraherades samma dag vid Hushållningssällskapets extraktions-lab, extrakten sändes för direkt analys vid avdelningen för vattenvårdslära, SLU. Profil-proverna infrysades snarast efter provtagningen och extraherades under den efterföljande vintern.

Skördebestämning gjordes på traditionellt försöksmässigt sätt genom skörd av säljbara huvuden i två av de centrala raderna i varje parcell, (dvs. två skördebestämningar per parcell). Radavståndet var 0,5 meter och plantavståndet 0,33 meter. För beräkningen av den säljbara hektarskörden i resp. skördebestämning räknades även antalet säljbara huvuden i de två närmast intill-liggande raderna till varje skörderad. Av skörden från varje skörderad uttogs ett representativt samlingsprov (från vart tredje huvuden) för bestämning av ts- och totalkvävehalt.

”Säljbar skörd” beräknas som: (medelantalet säljbara huvuden från de tre rader) * (huvud-medelvikten i skörderaden) / (en rads totala nettoareal)
[total nettoareal = (18-2) huvud/rad * 0,33 m * 0,5 m = 2,66 m²].

Kväve och kol i kvarlämnade ovanjordiska skörderester bestämdes vid skörd genom att kvarvarande blad, stabbar och alla ej säljbara huvuden i skörderaden vägdes och provtogs.

Stabbarna skars av så nära markytan som möjligt. Efter vägning och provtagning lades materialet tillbaka i skörderaden. I anslutning till jordprovtagningen i november samt efterföljande tidig vår provtogs fånggrödan i led D (1 prov om 3x0,25 m² / parcell). På alla skörderester och fånggröda analyserades innehållet av total-N och total-C.

Hektar-”skörden” av skörderester beräknades som: (”skördad” vikt i skörderaden) * [(antalet huvuden i skörderaden) / (medelantalet huvuden i de tre räknade raderna)] / (en rads totala nettoareal).

Dvs. om medelantalet skördebara huvuden i de tre räknade raderna var lägre än i skörderaden antogs att medelkvantiteten kvarlämnade skörderester blev något större än i skörderaden, och det motsatta förhållandet om medelantalet skördebara huvuden i de tre raderna var större än i skörderaden.

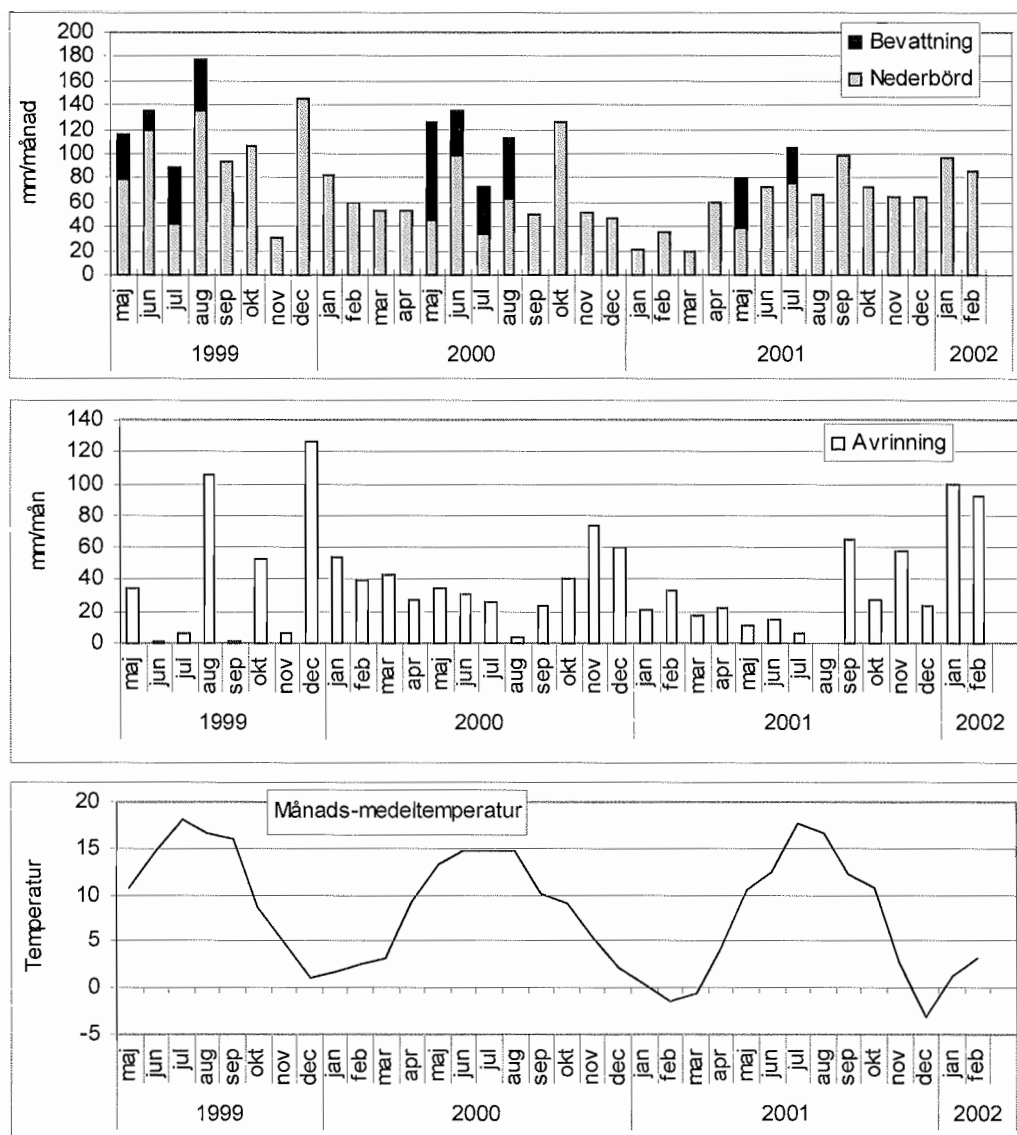
Grödans totala ovanjordiska kväveupptag beräknades genom att summera skördat och kvarlämnat kväve i skörderester.

Bevattnings och klimat. Försöket behovsbevattades med rampspridare. Vattenförbrukningen i marken följdes genom att kontinuerligt mäta vattenhalten i de översta ca 40 centimetrerna av markprofilen med två stycken loggeranslutna TDR-givare. Bevattnings (15-18 mm/gång) utfördes då det teoretiskt beräknade vattenförrådet vid fältkapacitet (= det maximala

Tabell 2. Tidpunkter för jordprovtagningar. "N-min" avser provtagning av matjorden (0-30 cm) som grund för gödsling med börvärdesmetod. "Profil" anger att även skikten 30-60, 60-90 cm provtas

Tidpunkt	Provtagning
Tidig vår	Profil
Före plantering 1	Profil
25-30 dag efter plantering 1*	N-min
Efter skörd 1* (=före plantering 2)	Profil
25-30 dag efter plantering 2*	N-min
Efter skörd 2*	Profil
Sen höst (1-15 november)	Profil

* Delat matjordsprov, i resp. mellan raderna



Figur 2. Månadssummor för nederbörd, bevattning och avrinning samt månadsmedeltemperaturer under försöksperioden.

vatteninnehåll som marken kan hålla utan att avrinning sker) minskat med 15-20 mm. Proov för totalkväveanalys på bevattningsvattnet togs i genomsnitt en gång i veckan då bevattning förekom. Klimatdata i form av tim- eller dygnsvisa uppgifter erhöles från en lokal klimatstation på försöksplatsen. Dessa har verifierats och vid behov korrigerats mot SMHI-data från Halmstad.

RESULTAT OCH DISKUSSION

Odlingsåtgärder, gödsling och bevattning

I tabell 3 redovisas datum för mineralkväveprovtagningar i anslutning till plantering och skörd, gödslingsstyrande N-min-provtagningar, planterings- och skördetillfällen samt tidpunkter för sådd resp. nedbrukning av fånggrödan i led B100+fg. Före sådden av fånggröda höstbearbetades hela försöket. Vidare redovisas uppmätta kvävmängder inom 0-30 cm djup

Tabell 3. Mineralkväve i matjorden, 0-30 cm (kg N/ha) vid varje plantering, skörd och vid N-minprovtagningarna (prov A är taget i raden, prov B mellan raderna), använda börvärden och tillförd N-gödsel, samt tidpunkterna för sådd resp. nedbrukning av fånggrödan i led B100+fg

Led:	B120	Min-N	Göds	B100	Min-N	Göds	B100+fg	Min-N	Göds	B80	Min-N	Göds
Datum	Bör-värde	(A / B)	-ling	Bör-värde	(A / B)	-ling	Bör-värde	(A / B)	-ling	Bör-värde	(A / B)	-ling
1999												
Min-N	990430	27		26			24			26		
Plantering 1	990503	-	24	-	24		-	24		-	24	
N-Min-prov	990528	120	40 / 26	100	43 / 30	63	100	43 / 27	63	80	35 / 24	50
Skörd 1	990628											
Min-N	990629	38 / 65		40 / 45			34 / 26			21 / 22		
Plantering 2	990712	-	30	-	30		-	30		-	30	
N-Min-prov	990809	110	110 / 78	90	93 / 80	11	90	81 / 73	18	70	92 / 70	0
Skörd 2	990909											
Min-N	990910	33 / 33		31 / 33			32 / 36			27 / 21		
Sådd fånggr.	990921		-		-			x				-
2000												
Bearbetning	000417											
Min-N	000505	44		45			46			42		
Plantering 1	000508	-	30	-	30		-	30		-	30	
N-Min-prov	000605	120	44 / 58	100	46 / 65	55	100	63 / 63	42	80	61 / 57	20
Skörd 1	000703											
Min-N	000704	43 / 76		38 / 53			29 / 57			21 / 23		
Plantering 2	000710	-	30	-	30		-	30		-	30	
N-Min-prov	000807	110	64 / 74	90	65 / 72	30	90	58 / 74	30	70	52 / 51	20
Skörd 2	000904											
Min-N	000905	75 / 39		95 / 41			104 / 38			42 / 23		
Sådd fånggr.	000926		-		-			x				-
2001												
Bearbetning	010419											
Min-N	010505	60		59			49			54		
Plantering 1	010510	-	30	-	30		-	30		-	30	
N-Min-prov	010605	120	35 / 62	100	53 / 61	45	100	46 / 74	40	80	53 / 58	22
Skörd 1	010703											
Min-N	010704	31 / 35		31 / 31			34 / 38			23 / 23		
Plantering 2	010711	-	30	-	30		-	30		-	30	
N-Min-prov	010806	110	62 / 67	90	44 / 66	38	90	72 / 79	17	70	47 / 57	20
Skörd 2	010828											
Min-N	010829	80 / 75		54 / 60			54 / 54			61 / 43		
Sådd fånggr.	011009		-		-			x				-

och tillförda ledvisa medelkvävegivor vid de enskilda gödslingstillfällena. Vid de provtagningar där dubbla matjordsprov (i resp. mellan raderna) togs, redovisas dessa var för sig.

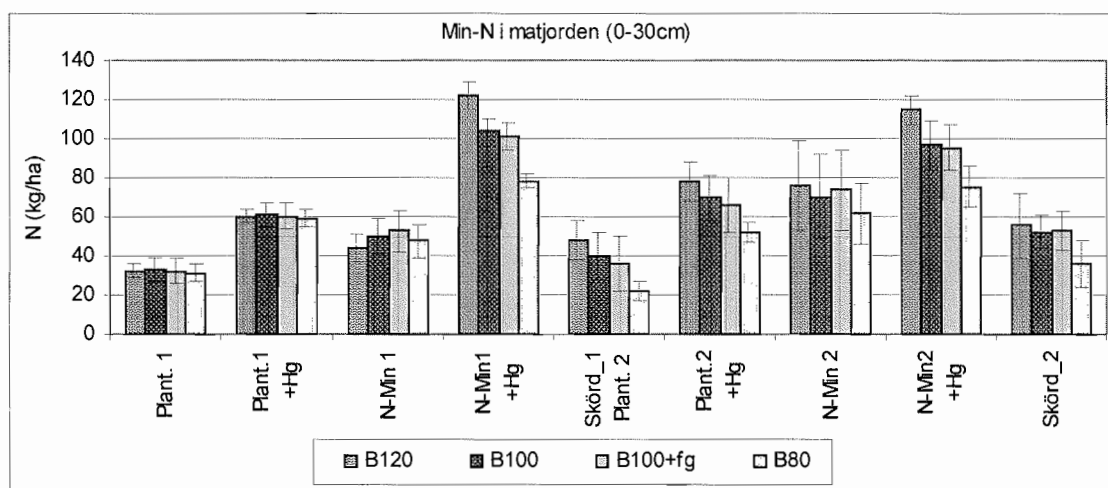
Utförda bevattningar redovisas som månadssummor adderade till nederbörden i figur 2. I tabell 4 presenteras en sammanfattning av totalt tillfört kväve genom gödsling och bevattning. Bevattningen med å-vatten innebar att i medeltal 13 kg N per hektar och år tillfördes den vägen.

I led B120 tillfördes i medeltal 106 kg N/ha till kultur 1 och 69 kg N/ha till kultur 2. Motsvarande värden i led B80 var 59 resp. 43 kg N/ha. Årligen tillfördes 37 kg/ha mindre kväve i led B100, och 73 kg/ha mindre i led B80 jämfört med led B120 (tabell 4). Gödslingsbehovet i led B100+fg, med höstsådd fånggröda, blev i medeltal 10 kg/ha lägre än i led B100. Det första året var gödslingsbehovet något större i B120+fg, men de två efterföljande åren, då fånggröda brukats ned på våren, minskade det årliga kvävegödslingsbehovet med 13 resp. 26 kg /ha, högst sannolikt till följd av återmineraliserat kväve från den nedbrukade fånggrödan.

Grödans kvävetillgång under de tre vegetationsperioderna åskådliggörs i figur 3. Här har endast mineralkvävetillgången i matjorden (0-30 cm) beaktats.

Tabell 4. Total tillförsel av kväve med gödselmedel (Tabell 3) och bevattningsvatten (kg N/ha)

År:Kultur		Bev. (mm)	B120	B100	B100+fg	B80
1999:1	Gödsling		111	87	87	74
	Med bevattningsvatten	72	6	6	6	6
	Summa tillfört N		117	93	93	80
1999:2	Gödsling		49	41	48	30
	Med bevattningsvatten	73	5	5	5	5
	Summa tillfört N		54	46	53	35
2000:1	Gödsling		107	85	72	50
	Med bevattningsvatten	118	11	11	11	11
	Summa tillfört N		118	96	83	61
2000:2	Gödsling		80	60	60	50
	Med bevattningsvatten	90	9	9	9	9
	Summa tillfört N		89	69	69	59
2001:1	Gödsling		100	75	70	52
	Med bevattningsvatten	43	4	4	4	4
	Summa tillfört N		104	79	74	56
2001:2	Gödsling		77	68	47	50
	Med bevattningsvatten	30	3	3	3	3
	Summa tillfört N		80	71	50	53
Aritmetiska medeltal						
Kultur 1	Gödsling totalt		106	82	76	59
	varav "N-Min"-gödsling		78	54	48	31
	Med bevattningsvatten	78	7	7	7	7
	Summa tillfört N		113	89	83	66
Kultur 2	Gödsling totalt		69	56	52	43
	varav "N-Min"-gödsling		39	26	22	13
	Med bevattningsvatten	64	6	6	6	6
	Summa tillfört N		75	62	58	49
Totalt/år	Gödsling totalt		175	138	128	102
	varav "N-Min"-gödsling		117	80	70	44
	Med bevattningsvatten	142	13	13	13	13
	Summa tillfört N		188	151	141	115



Figur 3. Grödornas kvävetillgång under växtperioden, medeltal för de tre åren (fr.o.m. vårplantering och fram till skörd av kultur 2). Grupperna med beteckningen "+ Hg" är beräknade som summan av den mätta kvävetillgången före gödsling och tillförd medelgödsling med kväve. Spridnings-staplarna visar standardavvikelsen inom ledet.

Tabell 5. Produkt-, och kväveskördar (med variationskoefficient, "c.v."), kvarlämnade skörderester med deras kväveinnehåll och C/N-kvot samt totalt ovanjordiskt kväveupptag

År	Skörd	Led	Huvudskörd				Skörderester						S:a N-upptag kg/ha	
			Färskvikt		Torrsbst.		N-skörd		Torrsbst.		N-innehåll			C/N-
			ton/ha	c.v.	kg/ha	N%	kg/ha	c.v.	kg/ha	N%	kg/ha	c.v	kvot	
1999														
1	B120		34,1	0,13	1279	3,5	45	0,08	1436	2,9	42	0,21	11	87
	B100		34,5	0,07	1324	3,5	46	0,14	1495	2,5	37	0,22	11	83
	B100+fg		33,0	0,13	1273	3,2	41	0,22	1227	2,6	32	0,21	12	73
	B80		32,7	0,03	1180	3,1	37	0,04	1269	2,5	32	0,28	12	69
2	B120		20,7	0,23	806	3,3	26	0,19	588	2,6	15	0,10	12	41
	B100		19,2	0,50	750	3,1	23	0,54	655	2,7	18	0,23	12	41
	B100+fg		21,0	0,41	794	3,2	25	0,40	671	2,9	19	0,19	12	44
	B80		21,5	0,31	926	2,5	23	0,26	648	2,1	15	0,68	14	38
2000														
1	B120		18,8	0,03	758	4,3	33	0,06	316	3,7	12	0,40	9	45
	B100		22,3	0,14	850	4,1	35	0,13	310	3,6	11	0,20	10	46
	B100+fg		22,3	0,14	843	4,1	34	0,21	348	3,8	13	0,42	9	47
	B80		18,5	0,34	746	3,8	28	0,31	285	3,4	10	0,23	10	38
2	B120		13,9	0,11	514	3,7	21	0,26	493	2,8	14	0,08	10	35
	B100		14,4	0,13	498	3,5	21	0,26	577	2,9	17	0,24	10	38
	B100+fg		14,8	0,02	535	3,6	22	0,08	608	2,8	17	0,12	9	39
	B80		14,4	0,07	487	3,4	18	0,19	597	2,9	17	0,06	10	35
2001														
1	B120		23,6	0,26	1053	3,1	32	0,25	521	3,2	16	0,26	12	48
	B100		23,5	0,07	1036	3,1	32	0,03	473	3,2	15	0,15	12	47
	B100+fg		23,1	0,19	1054	3,0	31	0,22	484	3,1	15	0,06	12	46
	B80		20,8	0,13	992	2,7	27	0,22	384	2,9	11	0,33	13	38
2	B120		20,9	0,08	750	3,8	29	0,05	432	3,3	14	0,48	10	43
	B100		22,3	0,14	773	3,8	29	0,05	607	3,5	21	0,16	10	50
	B100+fg		20,8	0,15	766	3,7	28	0,13	535	3,4	19	0,33	10	47
	B80		19,1	0,18	731	3,5	25	0,05	491	3,2	16	0,45	10	41
Aritmetiska medeltal														
Kultur 1, alla år														
	B120		25,5	0,14	1030	3,6	36	0,13	758	3,3	23	0,29	11	59
	B100		26,8	0,09	1070	3,6	38	0,10	759	3,1	21	0,19	11	59
	B100+fg		26,2	0,16	1056	3,4	36	0,22	686	3,2	20	0,23	11	56
	B80		24,0	0,17	973	3,2	31	0,19	646	2,9	18	0,28	12	49
Kultur 1, exklusive år 1999														
	B120		21,2	0,15	905	3,7	32	0,15	419	3,5	14	0,33	10	47
	B100		22,9	0,10	943	3,6	33	0,08	391	3,4	13	0,17	11	47
	B100+fg		22,7	0,17	948	3,6	33	0,22	416	3,5	14	0,24	10	47
	B80		19,6	0,23	869	3,3	27	0,27	335	3,2	10	0,28	12	38
Kultur 2, alla år														
	B120		18,5	0,14	690	3,6	25	0,16	505	2,9	14	0,22	11	39
	B100		18,6	0,26	674	3,4	24	0,28	613	3,0	18	0,21	11	42
	B100+fg		18,9	0,20	699	3,5	25	0,20	605	3,0	18	0,21	10	43
	B80		18,3	0,18	715	3,1	22	0,17	578	2,7	16	0,40	11	38

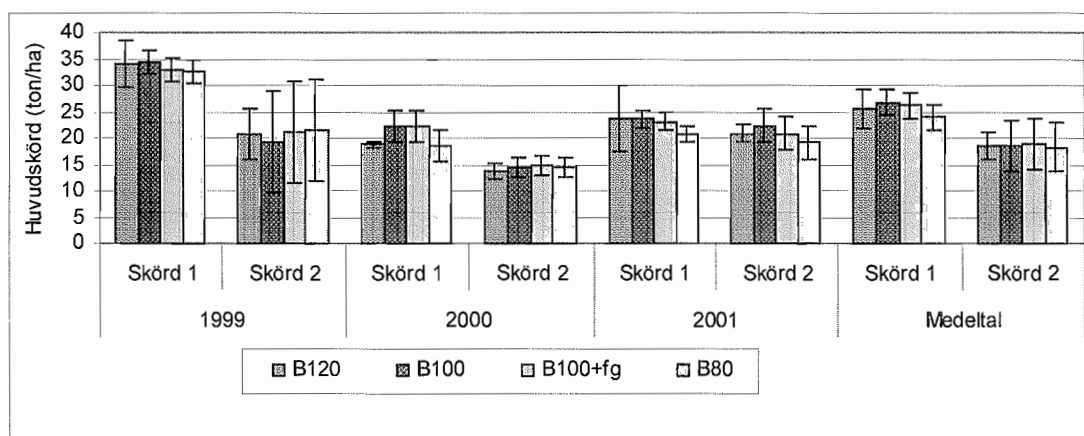
Produkt- och kväveskördar, kväve i nedbrukade skörderester

Skörden av säljbara huvuden varierade mellan åren, men kom som genomsnitt att hamna omkring 25 resp. 18 ton/ha i kultur 1 och kultur 2 (Figur 4). Den första kulturen 1999 hann på några få dagar (midsommarhelgen) kraftigt förväxa till följd av hög värme (Figur 2). *Inte vid något skördetillfälle erhöles signifikanta skillnader i huvudskörd* mellan de olika leden (Figur 4 o. tabell 5).

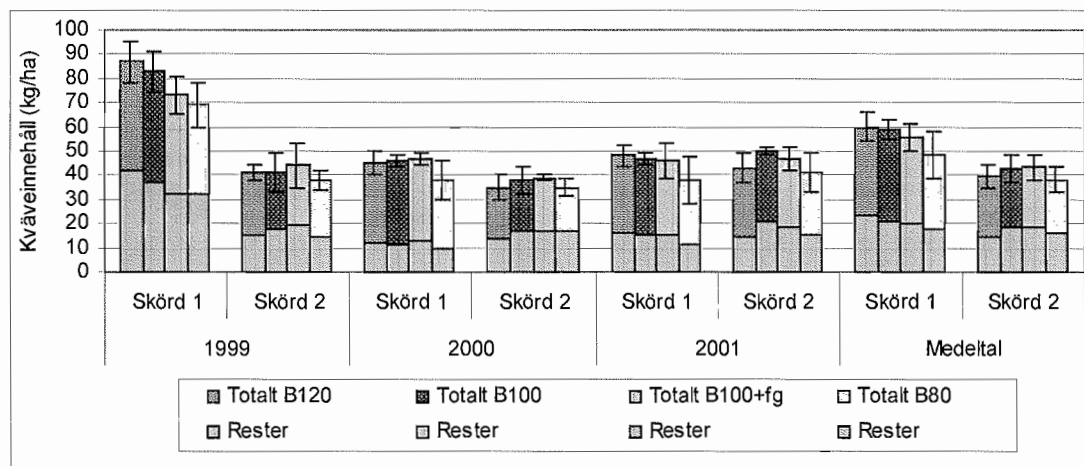
Medelbortförseln av kväve med skördade produkter varierade, exklusive kultur 1 år 1999, mellan 27 och 33 kg N/ha i kultur 1, medan den i kultur 2 låg mellan 22 och 25 kg N/ha (Tabell 5). Det betyder att även i det svagast gödslade ledet, B80, kom kvävetillförseln genom gödsling att klart överstiga bortförseln.

Kväveinnehållet i kvarlämnade huvuden och ovanjordiska skörderester per kultur låg normalt mellan 10 och 20 kg N/ha, undantaget kultur 1 år 1999 (>30 kg N/ha) då många kasserade huvuden bidrog till en stor mängd kvarlämnade skörderester. Vid normala skördeförhållanden uppgick det totala ovanjordiska kväveupptaget till mellan ca 40 och ca 50 kg N per hektar och kultur (Figur 5 o. Tabell 5).

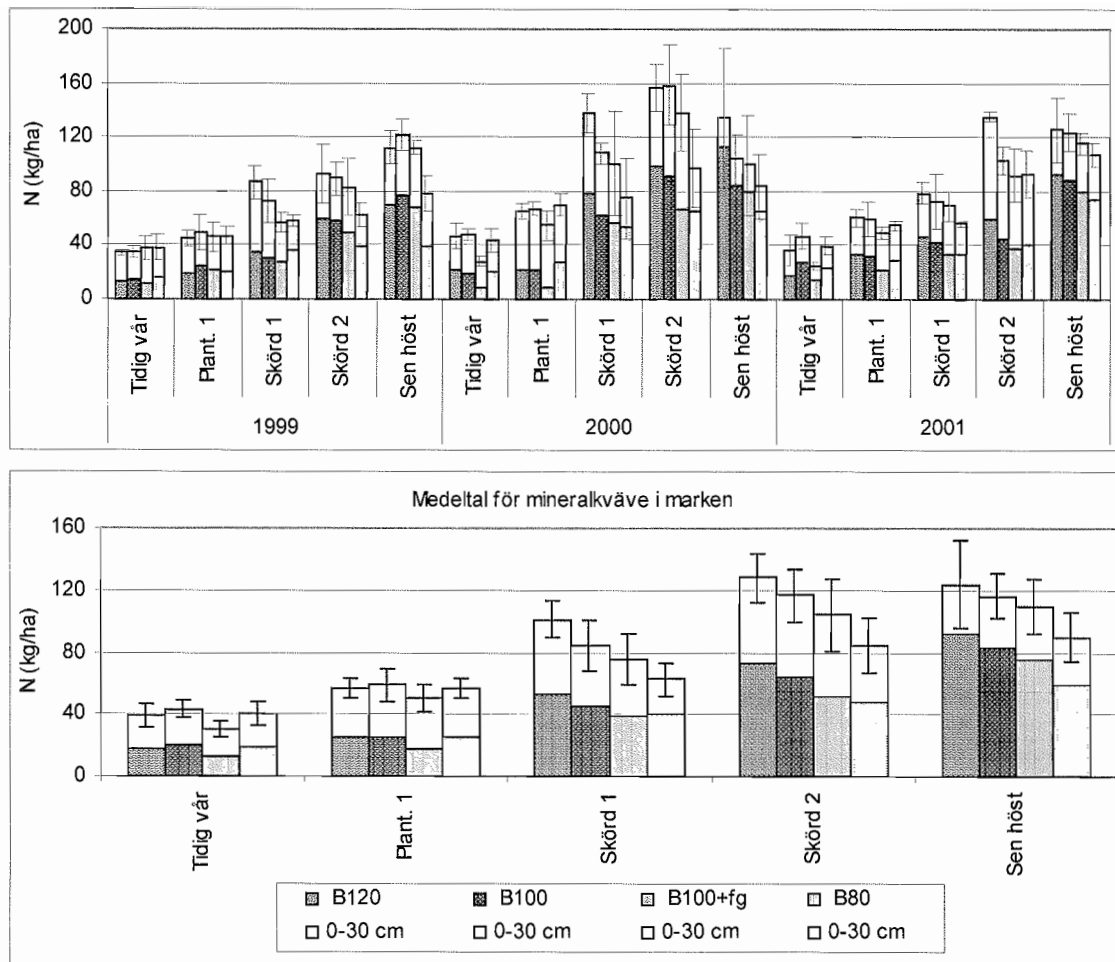
Ledmedeltalen för kvävehalter och kväveinnehåll i huvuden och skörderester var oftast något lägre i ledet med den lägsta gödslingsnivån, men skillnaderna var ej signifikanta (Tabell 5).



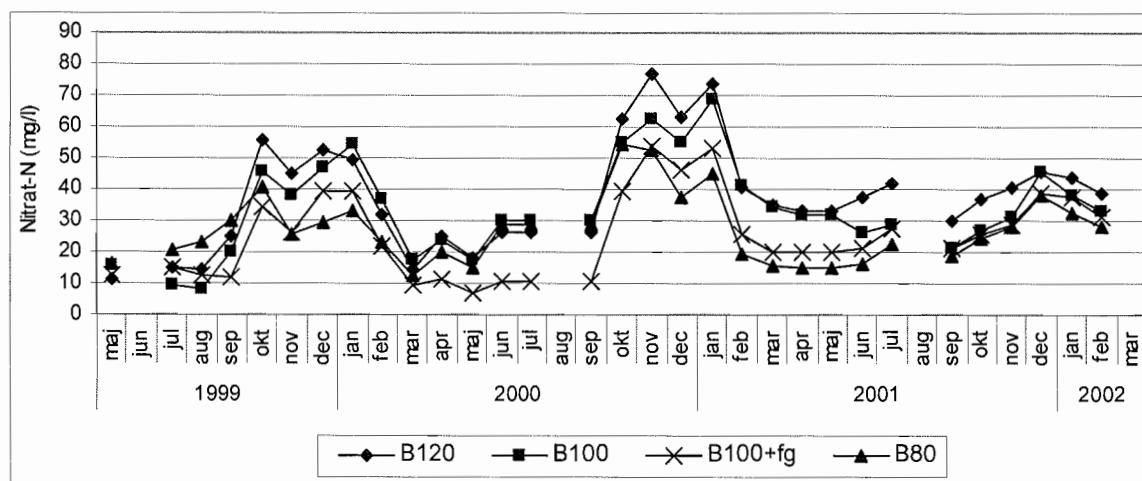
Figur 4. Skördar av säljbara huvuden (ton /ha). Spridningsstaplar anger standardavvikelsen inom ledet.



Figur 5. Ovanjordiskt kväveinnehåll, totalt och i kvarlämnade skörderester. Spridningsstaplar anger standardavvikelsen inom ledet.



Figur 6. Mineralkväveinnehåll i markprofilen i de olika leden och vid olika tidpunkter, samt som medeltal för hela försöksperioden. Staplarnas totala höjd anger innehåll i hela den provtagna profilen (0-90 cm), den mönstrade delen visar innehåll i skiktet 30-90 cm. Spridningsstaplar anger standardavvikelsen inom ledet.



Figur 7. Nitratkvävekoncentrationer i dräneringsvattnet. Integrerade månadsmedelvärden.

Mineralkväve i markprofilen

Uppmätta mineralkvävemängder i markprofilen, ned till 90 cm djup, presenteras i figur 6. Vid de tidiga vårprovtagningarna fanns i allmänhet omkring 40 kg mineralkväve per hektar i profilen, varav ca hälften inom 0-30 cm djup. I ledet där fånggröda vuxit under den föregående vintern, B100+fg, var innehållet på våren drygt 10 kg mindre (Figur 6). Det mindre kväveinnehållet i detta led återspeglades under en stor del av odlingssäsongen, främst genom mindre kvävemängder i profilens lägre delar (30-90 cm). Vid tidpunkten för den första planteringen, 2-4 veckor senare, hade kväveinnehållet i alla led oftast ökat till mellan 50 och 60 kg N/ha till följd av nettomineraliseringen från markens organiska kväveförråd ("humus").

Med tanke på de nära optimala mineraliseringsförhållanden som bl.a. bevattningen bidragit till, finns det anledning att anta att bakgrundsmineralisering kan ha hållit minst samma hastighet (ca 4 kg N/ha och vecka) under hela odlingsperioden. Räknat på en kultur, ca 8 veckor, blir detta mineraliseringsbidrag (minst) ca 30 kg N/ha. Mineralkväveinnehållet i markprofilen fortsatte sedan att successivt öka i alla led, fram till hösten. Den helt övervägande delen av ökningen återfanns i skiktet 30-90 cm under markytan (Figur 6), dvs. mestadels under sallatens normala rotdjup. Efter skörden av kultur 2 uppmättes som medeltal mellan 80 och 130 kg N/ha i profilen. Ökningen var snabbast i led B120 och lägst i led B80, de andra leden intog en mellanställning. Att leden med högre börvärden ökar snabbare beror givetvis till stor del på gödslingsnivån, men beror också på den högre kvävehalten i skörderesterna (Tabell 5), vilket kan ha ökat kväve mineraliseringshastigheten under hösten.

Orsaken till denna uppbyggnad av mineralkväve i marken under växtperioden är tämligen uppenbar. Till kultur 1 tillfördes i medeltal mellan ca 60 och 105 kg N/ha (Tabell 4), plus ca 30 kg N/ha genom mineralisering, totalt mellan 90 och 135 kg N/ha. Det totala ovanjordiska kväveupptaget ett normalår uppgick till mellan ca 40 och ca 50 kg N/ha, det lägre i led B80 (Tabell 5). Om vi antar att kväveinnehållet i rötterna ligger i drygt samma storleksordning som skörderesterna, eller ca 30 kg N/ha, skulle vi få ett totalt upptag på 70-80 kg N/ha. Det skulle betyda att vi till kultur 1 får ett kväveöverskott på mellan 20 och 55 kg N/ha.

En viss del av detta överskott kunde dock utnyttjas av kultur 2, vilket bidrog till att gödslingsbehovet minskade (Tabell 4). Totalt tillfördes i kultur 2 som medeltal mellan 50 och 75 kg N/ha. Med samma antaganden om nettomineralisering och totalt kväveupptag i grödan som i kultur 1 skulle kväveöverskottet stanna mellan 10 och 25 kg N/ha. Men nettofrigörelsen av kväve från organiskt material i marken ökar under denna period med kanske 30 kg N/ha till följd av frigörelsen från de skörderester och rötter, från kultur 1, som nedbrukades före plantering 2. En viss del av detta tillskott kan ha bidragit till det lägre N-min-gödslingsbehovet i kultur 2, men merparten av tillskottet frigjordes sannolikt först efter tidpunkten för N-min-provtagningen (se Figur 3). De verkliga kväveöverskotten kan därför ha varit ca 25 kg större.

Ett motsvarande kvävetillskott från nedbrukade växtrester fås även efter skörden av kultur 2, plus ytterligare kanske 30 kg N/ha i bakgrundsmineralisering under september och oktober. Under perioden november till april minskar mineraliseringsaktiviteten kraftigt till följd av låg marktemperatur, men har i andra försök vid Mellby uppmätts till i storleksordningen 20 kg N/ha (Hessel Tjell *et al.* 1999).

Att inte det totala kväveöverskottet syns på mineralkväveprofilerna beror bl.a. på att det ofta har pågått en viss utlakning även under växtperioden (se Figur 9).

Kväveutlakning

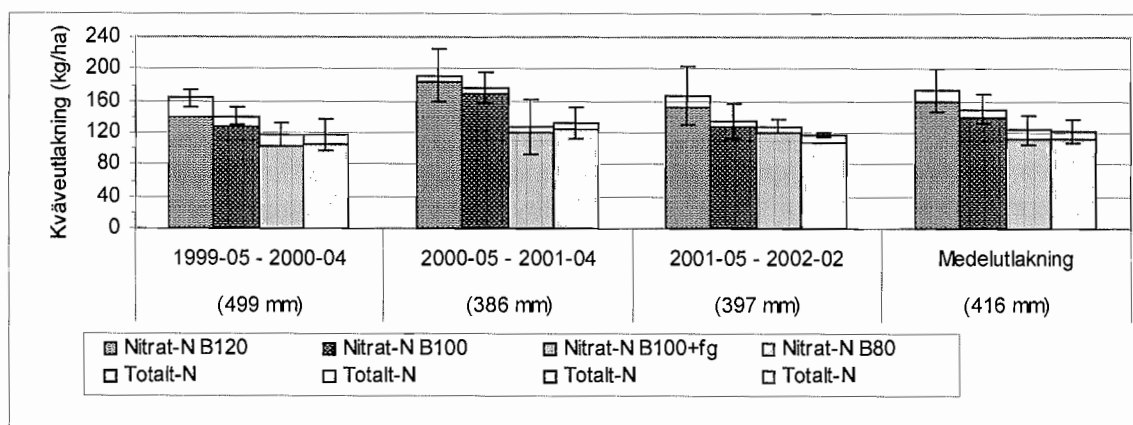
Under växtperioden låg medelkoncentrationerna av nitratkväve i dräneringsvattnet vanligtvis mellan 10 och 30 mg N/l för att sedan stiga kraftigt under hösten (Figur 7), i samband med att den huvudsakliga avrinningsperioden började (Figur 2). De högsta nitratkvävekoncentrationerna uppmättes under hösten 2000, vanligen mellan 40 och 70 mg N/l. Under senvintern avtog koncentrationerna som följd av att tillgången på utlakningsbart mineralkväve minskade.

De lägre börvärdes-gödslingarna i leden B100 resp. B80 gav tydligt utslag jämfört med led B120 (Figur 8), främst genom mindre kväveanhopningar under odlingssäsongen (Figur 6) vilket ledde till lägre kvävekoncentrationer i dräneringsvattnet under senhösten (Figur 7). Den höstsådda fånggrödan i led B100+fg sänkte påtagligt kvävekoncentrationerna och utlakningen (Figur 8) jämfört med ledet utan fånggröda, B100. Fånggrödan sänkte utlakningen till samma nivå som i B80, med den lägsta gödslingen.

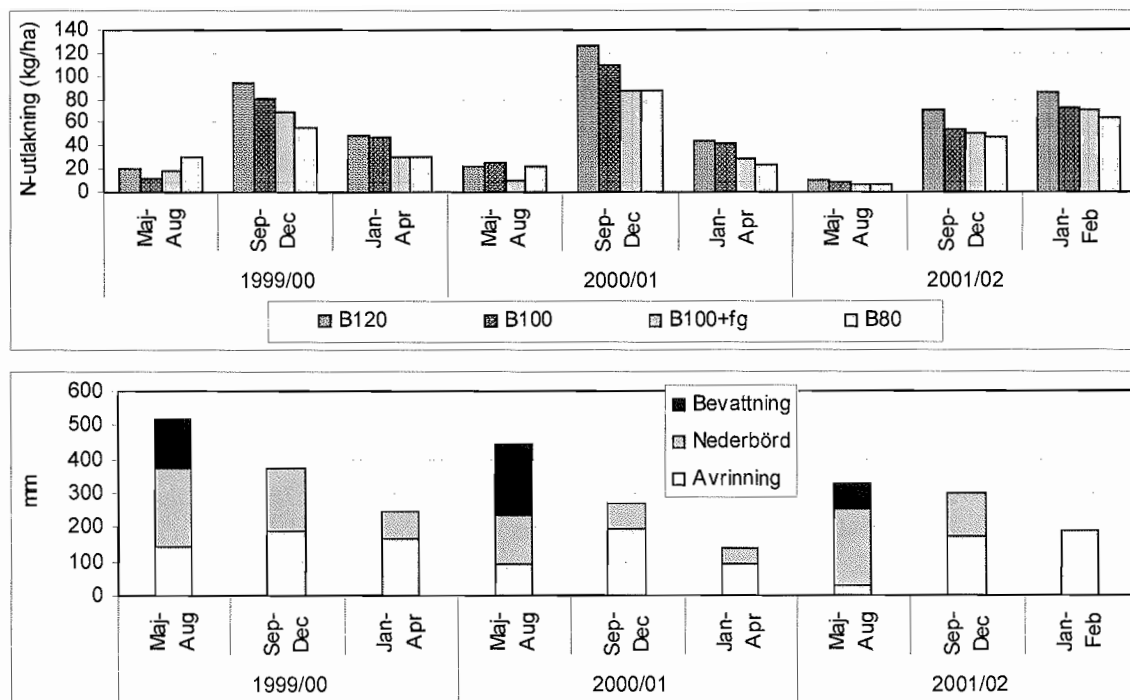
Utlakningsnivåerna var överlag mycket höga. Den grundläggande orsaken var utan tvivel de stora ansamlingar av mineralkväve som byggdes upp i marken under odlingssäsongerna (Figur 6). En annan bidragande orsak var att avrinningen från lysimetrarna var högre än från de vanliga dränerade rutorna, som sällan eller aldrig bevattnades under dessa år (se Figur 7). Medelavrinningen från vanligt dränerade rutor uppgick de två första åren till ca 360 resp. ca 270 mm.

Att avrinningen blev så hög orsakades till stor del av bevattningen. Under odlingssäsongerna (maj–september) förekom avrinning tämligen frekvent (Figur 2 o. Figur 9), vilket klart visar att det är mycket svårt att hålla optimal vattentillgång utan att avrinning uppstår. Detta fick bl.a. till följd att markprofilens vatteninnehåll redan i början av september, efter skörd 2, låg nära den s.k. fältkapaciteten, något som är tämligen ovanligt efter odling av t.ex. spannmål som inte bevattnas lika intensivt. Eftersom all lagringskapacitet för vatten i marken redan var upptagen kom en stor del av den nederbörd som därefter föll, och inte hann avdunsta från markytan, att direkt bidra till ökad avrinning. Att viss rutor var besådda med höstråg (fånggröda) gav ingen mätbar skillnad.

Avrinningarna under växtperioden orsakade i allmänhet jämförelsevis måttliga kväveläckage just då (Figur 9), men varje påfyllnad av vattenförrådet tycks ha medfört att en viss nedåtriktad vattenrörelse uppstod i hela profilen, i och med att vattenhalten inom hela profilen skulle nå sitt nya jämviktsläge. Om vattenhalten i den övre delen av profilen skulle tillåts bli tillräckligt låg, genom växtrötternas vattenupptag och avdunstning, skulle man fått en kapillär upptransport av vatten, och däri lösta ämnen, som hade motverkat den nedåtgående



Figur 8. Utlakning av nitrat- och totalkväve. Utlakningen för året är beräknad som summa utlakning under perioden fr.o.m. maj månad det aktuella odlingsåret och t.o.m. april månad året efter. Det sista året (2001/2002) sträcker sig, av redovisningstekniska skäl, endast t.o.m. februari månad år 2002.



Figur 9. Kväveutlakningens, avrinningens och nederbördens fördelning under olika perioder av året (4-månadersperioder, med undantag för den sista, som omfattar bara januari-februari år 2002).

transporten. Men i intensiva odlingar tillåts sällan jorden i övre delen av profilen bli så torr att denna upp-transport blir särskilt effektiv. Denna, i huvudsak nedåt-gående, vattenrörelse fick till följd att mer och mer nitratkväve successivt förflyttades nedåt i profilen (Figur 6).

En annan viktig effekt av att vatteninnehållet markprofilen hela säsongen hölls nära fältkapacitet var att vattenhalten i matjorden hela tiden hölls nära den optimala för kväve-mineralisering och annan biologisk aktivitet, något som under vissa perioder sannolikt kan ha fördubblat nettofrigörelsen av mineralkväve jämfört med den normala.

SAMMANFATTNING

I ett 3-årigt försök på sandig grovmo i södra Halland studerades kväveutlakning och skördeutfall vid odling av isbergssallat odlad i två kulturer per år. Alla led N-gödslades med en radmyllad startgiva om 30 kg N/ha vid resp. plantering. Kvävegödslingen i övrigt doserades enligt en variant av den s.k. börvärdesmetoden som byggde på att summan av mineralkväve i marken (0-30 cm) och tillförsel av gödselkväve 5-6 veckor efter plantering skulle uppgå till ett visst minimivärde. De tre börvärden som tillämpades i kultur 1 var 120 (B120), 100 (B100) resp. 80 (B80) kg N/ha. I ett fjärde led, med börvärde = 100, såddes höstråg som fånggröda efter skörd (B100+fg). Börvärdena till kultur 2 var genomgående 10 kg N/ha lägre.

Den totala medeltillförseln av gödselkväve i de tre leden utan fånggröda uppgick till 106, 82 resp. 59 kg N/ha till kultur 1, och 69, 56 resp. 43 kg N/ha till kultur 2. I ledet med fånggröda minskade kvävegödslingsbehovet med i medeltal ca 7 kg N/ha och kultur de år då fjolårets fånggröda brukats ned på våren.

Skördeutfall

De tillämpade gödslingsnivåerna gav inga signifikanta skillnader i skörd av säljbara huvuden. Det fanns en tendens att totalkvävehalterna i ovanjordiskt växtmaterial minskade med sjunkande gödslingsnivåer men skillnaderna var inte signifikanta. Medelbortförseln av kväve med skördade produkter uppgick till ca 30 resp. 24 kg N/ha per kultur. Det totala kväve-

upptaget i ovanjordiska växtdelar uppmättes i genomsnitt till ca 45 resp. ca 40 kg N/ha i de två kulturerna.

Kväveutlakning

De lägre börvärdes-gödslingarna i led B100 resp. B80 gav tydligt utslag i form av minskad kväveutlakning jämfört med led B120. Den höstsådda fånggrödan sänkte utlakningen till ungefär samma nivå som ledet med den lägsta gödslingen. Utlakningen i dessa led blev ca 25% lägre än i led B120.

Utlakningsnivåerna var överlag mycket höga (120-160 kg N/ha och år). Den grundläggande orsaken var utan tvivel de stora ansamlingar av mineralrestkväve som byggdes upp i marken under odlingssäsongerna. Mineralkväveinnehållet i markprofilen (0-90 cm) ökade som medeltal från ca 40 kg N/ha på våren upp till mellan 80 och 130 kg N/ha efter skörden av kultur 2. Ökningen var störst i led B120 och lägst i led B80.

En annan bidragande orsak var att avrinningen blev ovanligt hög. Detta orsakades till viss del av bevattningen. Redan under odlingssäsongerna (maj–september) förekom avrinning av ej obetydlig omfattning tämligen frekvent, trots att bevattningen så noga som praktiskt möjligt anpassades till aktuell vattenförbrukning (kontinuerlig vattenhaltsmätning med TDR i matjorden). Detta fick också till följd att markprofilens vatteninnehåll redan i början av september, efter skörd 2, låg nära den s.k. fältkapaciteten. En stor del av den nederbörd som därefter föll, och inte hann avdunsta från markytan, kom därigenom att bidra till ökad avrinning. Att viss rutor var besådda med höstråg (fånggröda) under hösten gav ingen mätbar skillnad i avrinning.

En annan bidragande effekt av den goda vattentillgången i matjorden var att vattenhalten hela tiden hölls nära den optimala för t.ex. kväveminerisering, vilket också kan ha bidragit till den uppbyggnad av mineralkväveinnehåll som skedde i marken.

TILLKÄNNAGIVANDEN

Projektet har varit ett samarbete mellan avdelningen för vattenvårdslära vid Sveriges lantbruksuniversitet och Hushållningssällskapet i Halland, och har varit finansierat av SJV och avd. för vattenvårdslära, SLU. Utformningen skedde i samråd med Göran Ekbladh vid inst. för markvetenskap, SLU och Ingemar Hellbe vid SJV i Alnarp. Projektledare har varit AgD Gunnar Torstensson på avd. för vattenvårdslära vid SLU. Försöksledarna Magnus Håkansson och Erik Ekre vid Hushållningssällskapet i Halland, har ansvarat för det praktiska utförandet vid Mellby.

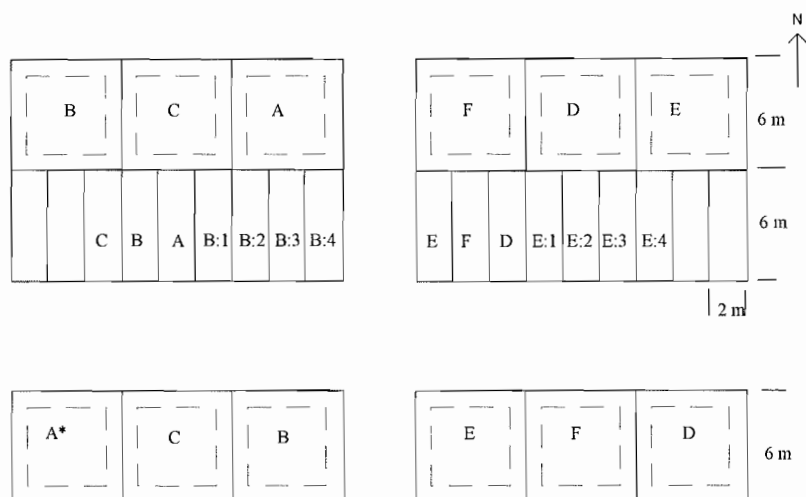
Kväveutlakning i frilandsodling av sallat och vitkål på sandig mojord med olika kvävegödslingmodeller

Gunnar Torstensson, Avd. för vattenvårdslära, SLU
Göran Ekbladh, Inst. för Norrländsk jordbruksvetenskap, SLU

INLEDNING

Kunskaperna om kväveutlakningen i och efter frilandsodling av grönsaker under svenska förhållanden har varit tämligen små. Beroende på om kulturen är kort- eller långväxande (skördetiden) kan man förvänta sig olika effekter på utlakningsrisken. Den totala tillförseln av gödselkväve liksom tillförselns fördelning i tiden kan påverka grödans utnyttjande av tillgängligt kväve samt i hög grad risken för utlakningsförluster under växtperioden. Det senare gäller speciellt i bevattnade odlingar där risken för avrinning från rotzonen under sommaren kan vara betydande. Mängden kvarlämnade skörderester liksom jordbearbetningar efter skörd har troligen också betydelse för frigörelsen av utlakningsbart kväve under hösten. Resultat från pågående försök vid bl.a. Mellby visar att senareläggning av all jordbearbetning på hösten påtagligt minskar höstmineraliseringen av kväve. Jämförelser med fånggrödor i spannmålsodling antyder att mer än hälften av den utlakningsminskning som har uppmätts kan bero på den ändrade bearbetningsrutinen vid fånggrödeodling. På grund av de befarade praktiska svårigheterna att använda fånggröda anlades ingen insådd fånggröda i något av huvudleden. Användningen av fånggröda torde dock behöva undersökas närmare i speciella studier.

Projektet syftade till att ge en första inblick i utlakningsriskerna i fältmässig grönsaksodling och förhoppningsvis ge ledtrådar om vilka typer av åtgärder som kan reducera utlakningsriskerna.



Figur 1. Lysimeter-rutor, parcell- och ledfördelning i försöket 1996. (Den med "*" markerade lysimetern användes vintern 1993-94 för kompost-produktion och kunde inte användas 1995).

MATERIAL OCH METODER

Grödor och försöksled

De frilandsgrödor som studerades var *isbergssallat* och *sen vitkål* (Tabell 1). Sallaten odlades i två kulturer efter varandra, sista skörden skedde i mitten av september. Vitkålen valdes huvudsakligen för att representera en långväxande gröda med stora mängder skörderester. På de parceller där sallat odlades det ena året, odlades vitkål efterföljande år o.s.v.

Varje huvudled odlades med tre upprepningar (Fig. 1). Parcellstorleken (utanför lysimet-rarna) på Mellby var 2x6 m (p.g.a. destruktiv grödprovtagning), med en rad i gränsen. Detta gav, med 50 cm radavstånd, tre centrala rader för provtagningar och bättre marginaler vid jordprovtagning och bearbetning.

I försöket jämfördes en mera konventionell gödslingmodell med den s.k. börvärdesmetoden i sin enklaste form, samt under de två första åren, en variant av den senare där börvärdet reducerats med det beräknade N-mineraliseringstillskottet (se Tabell 2). Storleken på detta tillskott är platsbundet och påverkas i hög grad av förfrukt, tidigare gödsling mm. Att närmare utröna den bästa metoden för att beräkna och tidsfördela börvärdesbehoven låg utanför detta projekt. I försöket på Mellby reducerades börvärdet med ca 4 kg kväve per vecka räknat från den aktuella provtagningen fram till nästa provtagning (eller till skörd). Värdet baserar sig på fleråriga lokala mätningar och modellstudier i stråsådesgrödor.

I vitkål gjordes tre övergödslingar under växtperioden medan salladen övergödslades två gånger per kultur. De två första åren gjordes ingen jordprovtagning inför den sista övergödslingen i respektive sallatskultur (Tabell 2). Det totala behovet fram till skörd beräknades vid den första övergödslingen, varefter 2/3 av beräknad giva gavs då, och återstoden vid den sista övergödslingen. Sommaren 1996 orsakade ett kraftigt regn dagen efter provtagningen en påtaglig nedvaskning av kväve från matjorden. Detta föranledde upprepade provtagningar och i efterhand något justerad gödsling (Tabell 2).

Tabell 1. I försöket ingående huvudled

Led	Behandling, Gröda i led A-C = sallat, D-F = vitkål	Bearbetning
Sallat		
A	Konventionell N-gödsling med en rel. stor startgiva + 2 övergödslingar	Bearbetas direkt efter skörd.
B	Börvärdesmetod I, N-min i mark (0-30 cm) + gödsling skall uppgå till en för tidpunkten föreslagen kvävemängd, 2 provtagningar/gödslingar per kultur	Bearbetas direkt efter skörd.
C	Börvärdesmetod II, N-min i mark (0-30 cm) + gödsling + <i>beräknad mineralisering</i> skall uppgå till en för tidpunkten föreslagen kvävemängd, 2 provtagningar /gödslingar per kultur	Lämnas orörd efter skörd, bearbetning ca 15/11.
Vitkål		
D	Konventionell N-gödsling med rel. stor startgiva, plus 3 övergödslingar	Bearbetas direkt efter skörd.
E	Börvärdesmetod I, N-min i mark (0-30 cm) + gödsling skall uppgå till en för tidpunkten föreslagen kvävemängd, 3 provtagningar/gödslingar	Bearbetas direkt efter skörd.
F	Börvärdesmetod II, N-min i mark (0-30 cm) + gödsling + <i>beräknad mineralisering</i> skall uppgå till en för tidpunkten föreslagen kvävemängd, 3 provtagningar /gödslingar	Lämnas orörd efter skörd, bearbetning ca 15/11.

Tabell 2. Isbergssallat 1995-1997. Mineralkväve i marken vid N-minprovtagningarna, beräknade börvärden och utförd gödsling

Led: A	B			C			
	N-min i mark		Göds- ling	Bör- värde		N-min i mark	Göds- ling
	(kg/ha)	(STD)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(STD)	(kg/ha)
1995							
Före plantering 1	22	6	60	60	15	3	45
(Egen analys)	25	7			17	3	
3 v. eft. pl.	78	47	50	140	64	9	51
(Egen analys)	67	13			59	5	
6 v. eft. pl.(0-60 cm)	-	-	30	-	-	-	25
Summa gödsling:			140				121
Före plantering 2	95	44	40	40	118	14	0
(Egen analys)	120	27			96	15	
5 v. eft. plant.	178	23	30	125	158	39	0
(Egen analys)	185	32			131	56	
8 v. eft. pl.(0-60 cm)	-	-	30	-	-	-	0
Vid skörd (0-60 cm)	166				61		
Summa gödsling:			100				0
1996							
Före plantering 1	43	8	60	60	54	4	6
2 v. eft. pl.	109	9	50	140	73	12	45
(Efter 40 mm regn)	-	-			34	3	
6 v. eft. pl.(0-60 cm)	-	-	30	-	-	-	42
Summa gödsling:			140				93
Före plantering 2	134	14	40	40	109	9	0
2 v. eft. plant.	167	43	30	125	111	6	12
5 v. eft. pl.(0-60 cm)	-	-	30	-	-	-	6
Vid skörd (0-60 cm)	129				92		
Summa gödsling:			100				18
1997							
Före plantering 1	50	13	60	60	40	8	20
2 v. eft. pl.	103	17	50	120	73	27	42
5 v. eft. pl.(0-60 cm)	231	28	30	60	168	28	0
Summa gödsling:			140				62
Före plantering 2	147	14	40	40	71	3	0
2 v. eft. plant.	85	13	30	115	64	14	51
6 v. eft. pl.(0-60 cm)	175	2	30	50	136	20	0
Vid skörd (0-60 cm)	233				97		
Summa gödsling:			100				51

I leden med reducerade börvärden fick marken ligga orörd fram till senhösten. Den direkta effekten av de reducerade börvärdena på mineralkväveförråd och kväueupptag avlästes under växtperioden och vid skörd. De båda andra leden bearbetades på konventionellt sätt direkt efter skörd.

Det sista året (1997) användes normal börvärdesnorm i båda de respektive börvärdesleden för att bättre utröna effekten av den senarelagda bearbetningen. Vidare utfördes jordprovtagning inför den sista övergödslingen i resp. sallatskultur (Tabell 2). En viss omfördelning av kvävetillförseln i vitkål prövades också, i syfte att motverka alltför stor anhopning av kväve inför den sista provtagningen/ övergödslingen (se Tabell 3).

Tabell 3. Vitkål 1995-1997. Mineralkväve i marken vid N-minprovtagningarna, beräknade börvärden och utförd gödsling

Led: D	Göds-ling			E				F			
	N-min i mark		(kg/ha)	Bör-värde	N-min i mark		(kg/ha)	Bör-värde	N-min i mark		(kg/ha)
	(kg/ha)	(STD)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(STD)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(STD)	(kg/ha)
1995											
Före plantering	18	3	60	75	17	2	59	45	13	1	32
(Egen analys)	20	3			18	2			14	1	
7 v. eft. pl.	70	44	60	130	59	37	71	115	63	21	52
(Egen analys)	70	44			59	40			63	21	
14 v. eft. pl.(0-60)	31	10	70	145	31	7	114	125	23	5	102
(Egen analys)	26	10			23	8			18	4	
18 v. eft. pl.(0-60)	75	20	50	90	140	61	0	60	153	50	0
(Egen analys)	81	22			178	88			186	59	
Vid skörd (0-60 cm)	12				19				7		
Summa gödsling:			240				244				186
1996											
Före plantering	45	5	60	75	39	3	37	45	39	1	6
7 v. eft. pl.	53	10	60	130	41	10	89	115	31	8	48
11 v. eft. pl.(0-60)	54	9	70	145	79	30	*110	125	72	13	*93
16 v. eft. pl.(0-60)	23	3	50	90	37	11	0	60	33	5	0
Vid skörd (0-60 cm)	19				18				25		
Summa gödsling:			240				236				147
1997											
Före plantering	22	3	60	60	26	3	*24	60	32	7	32
5 v. eft. pl.	66	3	60	110	48	4	62	110	58	6	52
9 v. eft. pl.(0-60)	91	16	70	190	78	16	112	190	80	4	110
17 v. eft. pl.(0-60)	22	3	50	80	19	2	61	80	21	4	59
Vid skörd (0-60 cm)	27				38				32		
Summa gödsling:			240				259				253

* Baserade på felaktigt beräknade N-min -värden.

För att få viss orienterande information om möjligheterna att använda fånggrödor och vårplöjning, anlades vid sidan om huvudförsöken fyra fastliggande observationsparceller i varje gröda med eftersådda fånggrödor samt vårplöjning. Observationsparcellerna gödslades lika som leden med normala börvärden men parcellerna plöjdes tidigt efterföljande vår i stället för sent på hösten. Från och med (sista) skörd och t.o.m. tidig vår togs jordprofiler även i dessa parceller för att mäta fånggrödans eventuella inverkan på förrådet av utlakningsbart mineralkväve i marken.

Resultaten från dessa OBS-parceller redovisas inte i detalj i denna rapport. Trots att höstråg ibland tog upp 25-30 kg N/ha i ovanjordiska delar, kunde ingen tydlig reduktion av mineralkväveinnehållet påvisas, jämfört med de ordinarie leden. Fånggröda efter t.ex. sallat måste nog ses som en extra åtgärd som kan/bör läggas in då en bättre anpassning av gödslingen först har vidtagits för att få ned restkvävemängderna efter skörd.

Mätningar och provtagningar

Kväveutlakning. Två av upprepningarna i varje led odlades på lysimeterparceller, dvs 2 lysimetrar per led. Då det endast fanns 11 lysimetrar tillgängliga 1995 fick led F endast en lysimeterruta detta år. De efterföljande åren hade alla led 2 lysimetrar. Avrinnande vatten från varje lysimeter mättes kontinuerligt med vippkärl och logger, avrinningen registrerades dygnsvis. Provtagningen skedde flödesproportionellt genom att en liten mängd vatten från varannan vippning fångades upp i en flaska (PE). Under provsamlingsperioden förvarades

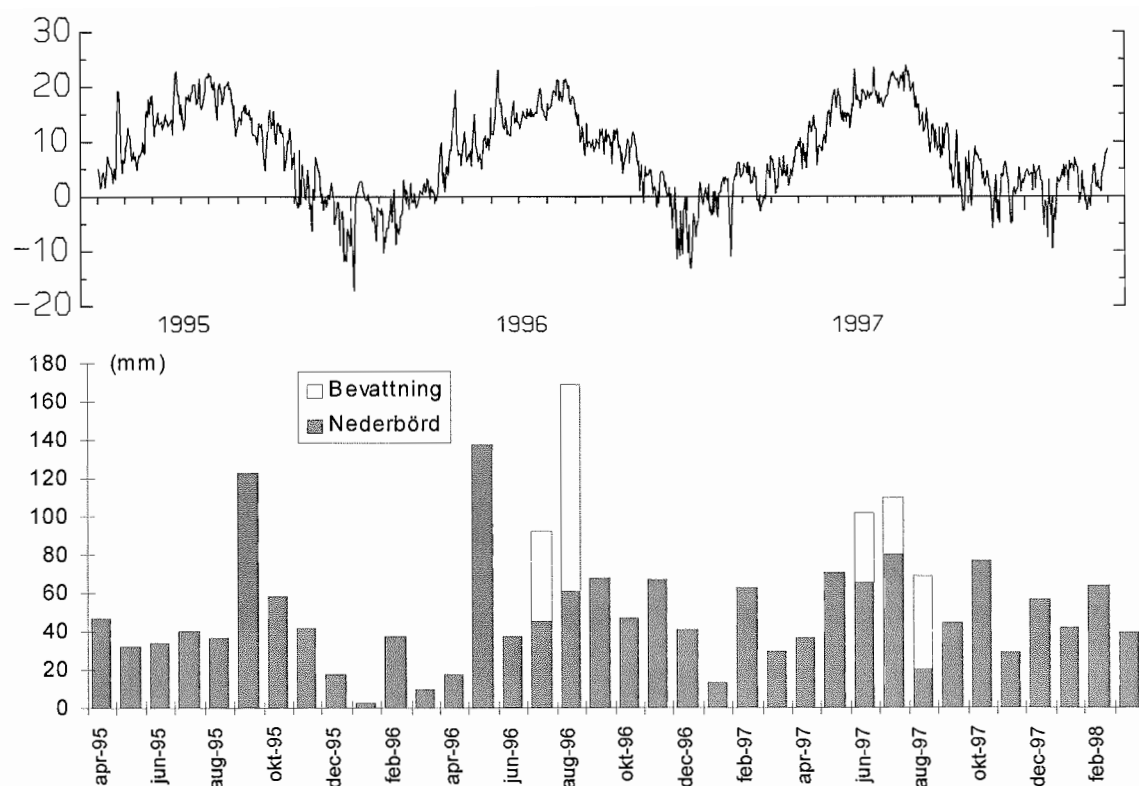
proven mörkt och svalt. Prov för analys av nitratkväve uttogs var fjortonde dag. Vid beräkning av utlakningen, beräknades först den flödesvägda ledvisa medelkoncentrationen under resp. provsamlingsperiod, denna multiplicerades sedan med den grödvisa medelavrinningen under samma period.

Mineralkväve i marken. Förrådet av växttillgängligt och utlakningsbart mineralkväve mättes med jordprovtagningar enligt nedanstående schema. Alla jordprov togs parcellvis. Vid N-min-provtagning för gödslings-styrning tas prov i skiktet 0-30 cm, vid de senare provtagningarna i vitkål även skiktet 30-60 cm. Vid profilprovtagningen indelas profilen i 0-30, 30-60 och 60-90 cm. Proven i matjorden (0-30 cm) togs med vanligt markkarteringsborr och i alven med ett sk. skår-borr (8 stick/parcell). På lysimetterutor togs 60-90 cm skiktet enbart utanför gummilysimetern p.g.a. perforeringsrisken (se Fig. 1). N-min-prover skickades det första året till Agrolab för analys, men p.g.a. stora enskilda avvikelser gentimot de egna analyser som senare gjordes på samma prover extraherades proverna i fortsättningen i egen regi på Lilla Böslid (HS). Därefter skickades extrakten till avd. för växtnärings- alt. vattenvårdslära för analys. Uppmätta koncentrationer levererades per fax till Böslid och resultaten beräknades med en iordninggjord EXCEL-mall. Vid beräkning av gödslingsbehovet användes det ledvisa aritmetiska medelvärdet. Profil-prover infrysades omedelbart efter provtagningen och extraherades senare vid Lilla Böslid. Extrakten skickades till avd. för vattenvårdslära för analys och resultat-uträkning.

Orsaken till avvikelserna i N-min-proverna kan sannolikt sökas i att något för små mängder våt jord användes vid Agrolab (30-40g jämfört med 100-110g) och ev. ofullständigt blandade prover. Undertecknad betraktar det som mer eller mindre omöjligt att blanda ett vått jordprov så fullständigt, så att ett representativt prov på bara 30-40g kan tas ut (om det inte lyckades med sandjorden på Mellby, hur går det då med en lerjord?). Problemet förstärks av att N-min-provtagningen i många fall görs relativt kort tid efter senaste gödning, och att grödans huvudsakliga upptag troligen sker i anslutning till raden.

Skördebestämning gjordes på traditionellt försökmässigt sätt genom skörd av en av de centrala raderna i varje parcell, på de större lysimeterparcellerna skördas två rader (vägdes och provtogs var för sig) för att få en bättre täckning av parcellen. En enhetlig metod för graden av putsning på fältet anvisades av Göran Ekbladh, Torslunda. Skörden av säljbara huvuden och skörderester har beräknats på ytan av *hela den skördade raden*. Ej säljbara huvuden har medräknats som skörderest. I de återstående raderna bortfördes alla skördebara huvuden. Av skörden från varje rad uttogs ett representativt samlingsprov (från var 3:dje planta) för bestämning av kvävehalt och kvävebortförsel. Proven vägdes och torkades varefter proven skickades till avd. för vattenvårdslära i Uppsala för provpreparering och ts-bestämning samt vidarebefodrades till avd. för växtnäringslära för analys av kväveinnehåll.

Kväve och kol i kvarlämnade ovanjordiska skörderester bestämdes vid skörden genom att kvarvarande blad, stabbar och ej skördebara huvuden i skörderaden vägdes och provtogs på motsvarande sätt som skördeprodukten. Stabbarna skars av så nära markytan som möjligt. De ihopsamlade skörderesterna vägdes i fält. Efter vägning och provuttagning lades återstående material tillbaka i raden. Efter torkning rensades varje prov manuellt från jord före vägning och analys. På proven bestämdes ts-halt, N och C. Grödans totala ovanjordiska kväveupptag beräknades genom att summera skördat och kvarlämnat kväve i skörderester.



Figur 2. Dygnsmedeltemperatur och nederbörd (+bevattning) under försöksperioden.

RESULTAT OCH DISKUSSION

Odlingsresultat och skördar

Odlingsresultaten har varierat kraftigt mellan åren. Det första året (1995) saknades ordentlig bevattnings-utrustning, varför det mest akuta behovet fick lösas med tankvagn och spridarramp (ej dokumenterat). Detta bidrog till ofullständigt utvecklade grödor, framförallt vitkålen blev tillbakasatt. Skörden i den första sallatsomgången 1996 blev tämligen låg, medan skörden i den andra omgången blev mycket stor kvantitativt sett. Med tanke på den vädersituationen som rådde under resp. tillväxtperiod borde första omgången ha skördats senare och den andra omgången tidigare. Vitkåls-skörden var dock god (Tabell 4). Detta år var den nya bevattningsanläggningen i full drift, och användes kanske på gränsen till för flitigt under augusti månad. Tillsammans med den nederbörd som föll, mest i slutet av månaden, resulterade det i en viss nedlakning av kväve till markskikt som låg under sallatsens rotdjup (se Fig. 3b). Det sista året (1997) blev överlag mycket dåligt odlingsmässigt sett (Tabell 4). Stark värme och extremt snabb utveckling under sista veckan av sallatsomgång 1 gjorde att salladen förväxte, med mycket låg andel säljbara huvuden som följd. Den andra omgången skadades svårt av en tidig nattfrost i mitten av september, bara några dagar före skörd. Vitkålen skadades redan vid planteringen pga överdosering vid den förebyggande bekämpningen av kålfluga. Eftersom lämplig teknisk utrustning saknades, lades preparatet ut för hand. Sedan dröjde det, av olika orsaker, för lång tid innan den kompletterande planteringen gjordes. Även vitkålen frostskaadades under hösten.

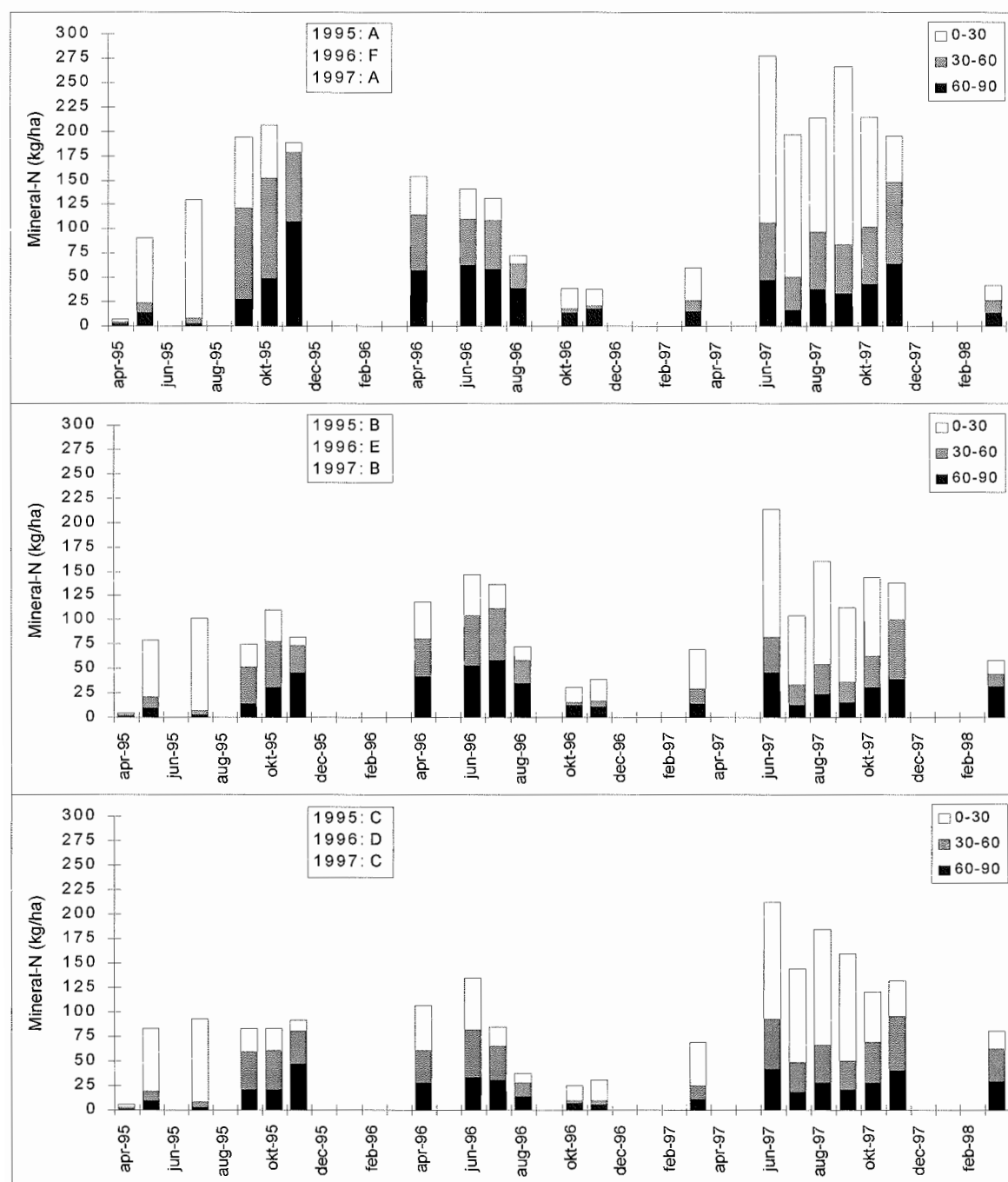
Tabell 4. Datum för plantering och skörd, säljbar skörd och dess kväveinnehåll. Kväveinnehåll i de ovanjordiska skörderesterna, samt totalt ovanjordiskt kväveupptag. (SED = Standard Error för skillnader mellan led-medelvärden)

	Datum		Skörd		Kväve (kg N/ha)	Skörderester		Totalt N-upptag (kg N/ha)
	Plantering	Skörd	Färskvikt			Kväve (kg N/ha)	C/N-kvot -	
			(ton/ha)	STD				
1995								
Sallat 1: A	95-05-04	95-07-04	26,7	5,0	30	22	13	52
B			23,6	2,3	28	20	13	48
C			25,8	6,6	30	17	13	47
SED			4,1					
Sallat 2: A	95-07-14	95-09-18	33,2	6,3	45	17	10	62
B			30,9	5,5	41	22	11	63
C			31,6	1,5	40	19	11	59
SED			4,0					
Vitkål: D	95-05-11	95-10-17	54,8	9,8	85	124	18	209
E			53,7	15,0	87	101	20	188
F			47,0	5,2	78	93	20	171
SED			8,8					
1996								
Sallat 1: A	96-05-07	96-07-04	21,4	4,1	33	27	9	60
B			18,8	2,5	28	22	10	50
C			18,0	2,5	27	24	10	51
SED			2,6					
Sallat 2: A	96-07-10	96-09-18	43,9	3,0	52	37	10	89
B			44,6	6,6	48	29	11	77
C			49,5	7,1	49	30	13	79
SED			4,8					
Vitkål: D	96-05-04	96-10-16	78,5	7,8	140	160	24	300
E			79,4	6,3	140	168	25	308
F			71,1	6,9	125	162	25	287
SED			5,8					
1997								
Sallat 1: A	97-05-06	97-07-14	22,4	2,9	23	73	9	96
B			23,1	3,4	23	69	10	92
*C			17,8	4,1	18	81	10	99
SED			2,8					
Sallat 2: A	97-07-23	97-09-15	11,0	3,7	12	21	10	33
B			15,0	1,0	17	38	10	55
*C			11,0	6,0	13	31	10	44
SED			3,3					
Vitkål: D	97-05-05	97-10-16	33,2	6,3	63	123	21	186
E	(kompl.		37,9	3,2	83	185	18	268
*F	97-05-20)		36,9	2,7	78	141	18	219
SED			3,6					

* Samma gödslingsnorm som i led B resp. E, endast nedbrukningstiden skiljer 1997.

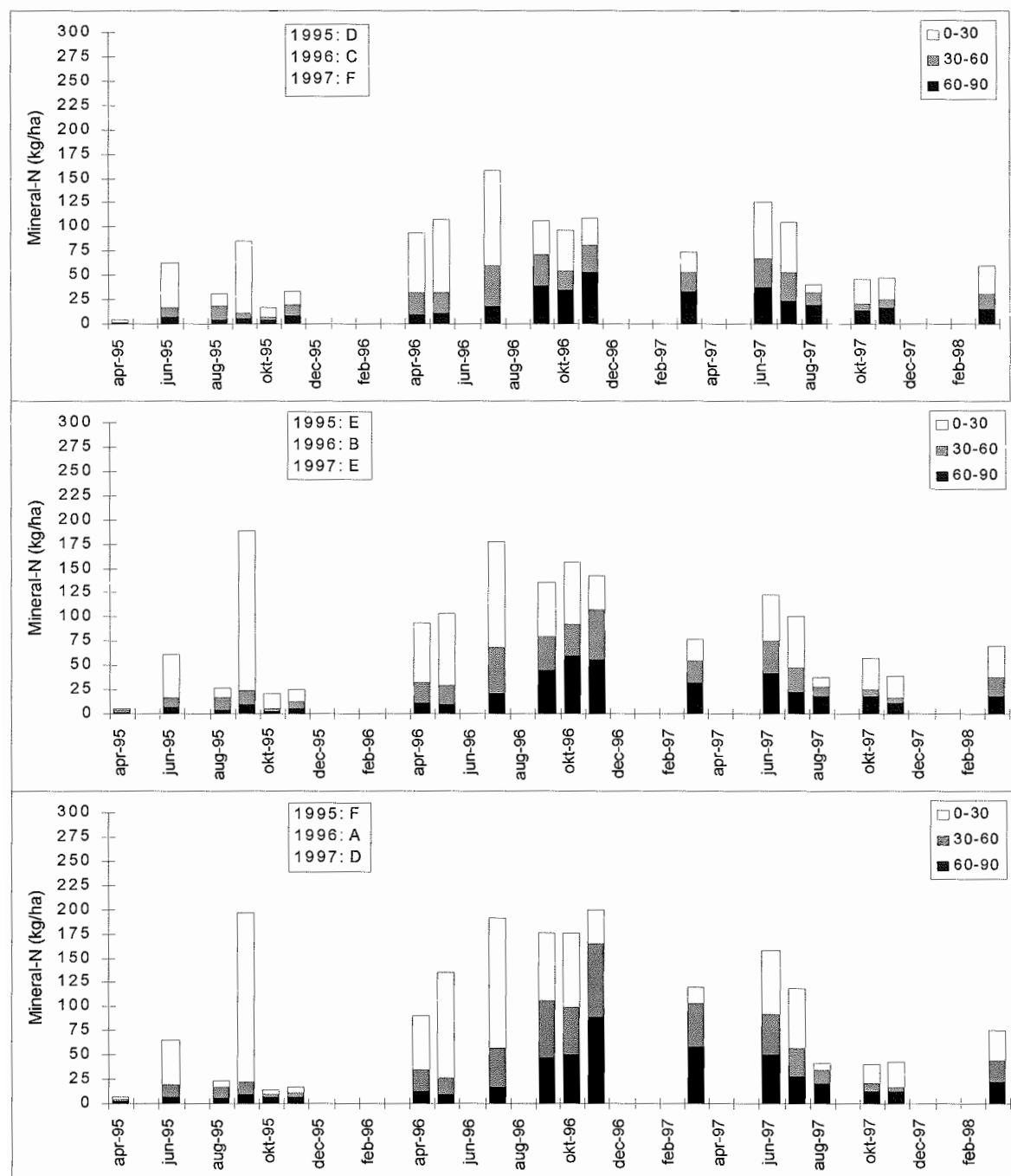
Gödsling, N-behov och mineralkväve i marken

I och med att gödslingen baserades på medelvärdet av tre prov, orsakade inte de avvikande analysvaren 1995 inte alltför stora "fel" i gödslingen (<10 kg N per gödslingstillfälle) (Tabell 2 och 3). Sommaren 1996 föll ett mycket kraftigt åskregn (ca 40 mm) i direkt anslutning till N-min provtagningen i sallat (2 veckor efter plant.). Resultaten användes dock för den gödsling som utfördes samma vecka. Eftersom det befarades att en del av mineralkvävet i matjorden hade lakats ned i alven (regnet förorsakade ingen avrinning), togs nya prov



Figur 3a. Mineralkväve i markprofilen, grödsekvens: sallat - vitkål - sallat, (ledvisa medeltal, resultaten från 60-90 cm skiktet härrör från området utanför lysimetern).

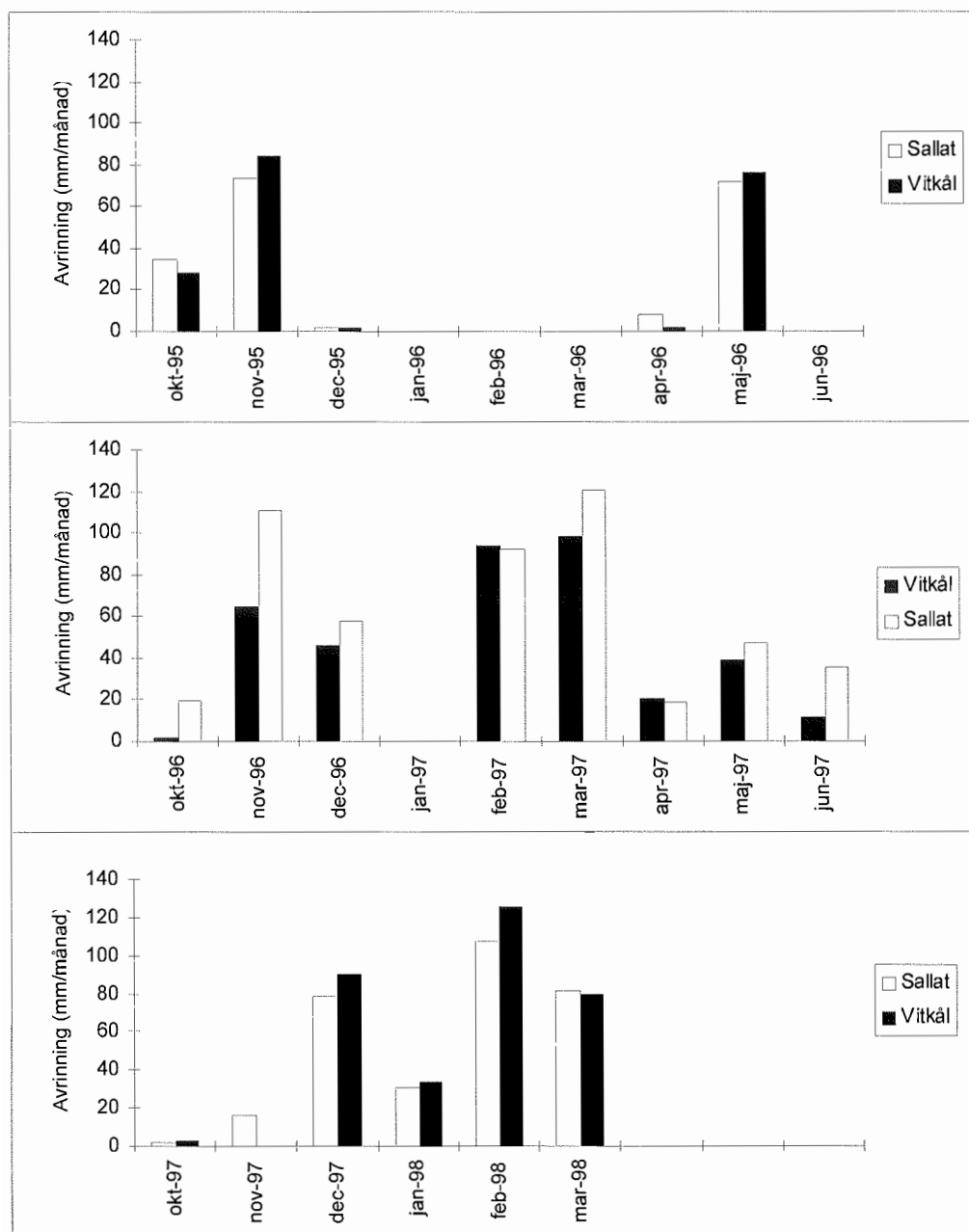
i led B och C före gödningen. Resultaten visade att N-innehållet i matjorden då var 35-40 kg lägre än vid den ordinarie provtagningen. Hela den kvantiteten bedömdes dock inte som förlorad för grödan, dels hade rimligtvis en del tagits upp under de 4 dagarna mellan provtagningarna och dels är det känt att kapillär upptransport av viss betydelse kan förekomma i den aktuella markprofilen. Vid den tredje, och sista, gödningen till den aktuella sallats-omgången kompenserades den befarade nedlakningen med ett tillägg på 20 kg N/ha i led B och C (Tabell 2). Efter den tredje provtagningen i vitkål (16 v. efter plant.; Tabell 3) detta år



Figur 3b. Mineralkväve i markprofilen, grödsekvens: vitkål - sallat - vitkål, (ledvisa medeltal, resultaten från 60-90 cm skiktet härrör från området utanför lysimetern).

beräknades kväveinnehållet i marken (0-60 cm) fel, vilket förorsakade ca 50 kg N/ha för höga gödslingar i led E och F. Vid den sista provtagningen i vitkålen befanns behovet vara i ungefär samma storleksordning som "övergödslingen" tidigare, varför det bestämdes att inget mer kväve skulle tillföras.

Generellt sett minskade gödslingsbehoven i sallat under våren och försommaren det andra och tredje året jämfört med år 1, vilket är helt normalt med tanke på den ökade mineralisering från nedbrukade skörderester. Resultaten tyder också på att det har förekommit en kraftigare nettomineralisering under sensommaren (aug.-sep.) de två senaste åren (Tabell 2; Figur 3a+b). Detta till följd av de nedbrukade vitkålsresterna föregående höstar.



Figur 4. Grödvis medelavrinning under de tre avrinningsperioderna 1995/96, 1996/97 och 1997/98. Undersökningen avslutade 31 mars 1998.

Den behovsanpassade gödslingen i sallat innebär en sänkning av kvävetillförseln med i snitt 120 kg N/ha och år, utan signifikant påverkan på skörden (Tabell 2 och 4). Trots detta har restkvävemängderna i matjorden (0-30 cm) vid första skörden legat runt 100 kg N/ha, och vanligtvis mellan 60 och 100 kg N/ha (0-60 cm) vid andra skörden (Tabell 2). Detta gör att såväl de konventionella rekommendationerna som de tillämpade börvärdena starkt måste ifrågasättas. Det är svårt att se någon rimlig anledning till att så stora kväveöverskott i slutskedet skulle ha någon funktion för vare sig kvantitet eller kvalitet. Sett ur miljösynpunkt är en reduktion av de höga restkvävemängderna den absolut första åtgärden som måste vidtagas. Förhoppningsvis kan det föreliggande materialet bidra till en diskussion om hur detta skulle kunna göras. Någon form av börvärdesmetod med 1-2 jordprovtagningar per kultur vore kanske att föredra, men den måste utformas utifrån bättre kunskap om kvävebehovets fördelning i tiden än vad som gjorts här. I praktisk odling sker planteringen succesivt, vilket kan innebära såväl tidigare som kanske senare sista skörd än i försöket. Man måste också ta hänsyn till de praktiska och analystekniska svårigheterna att få ett tillräckligt representativt mått på markens aktuella mineralkväveinnehåll.

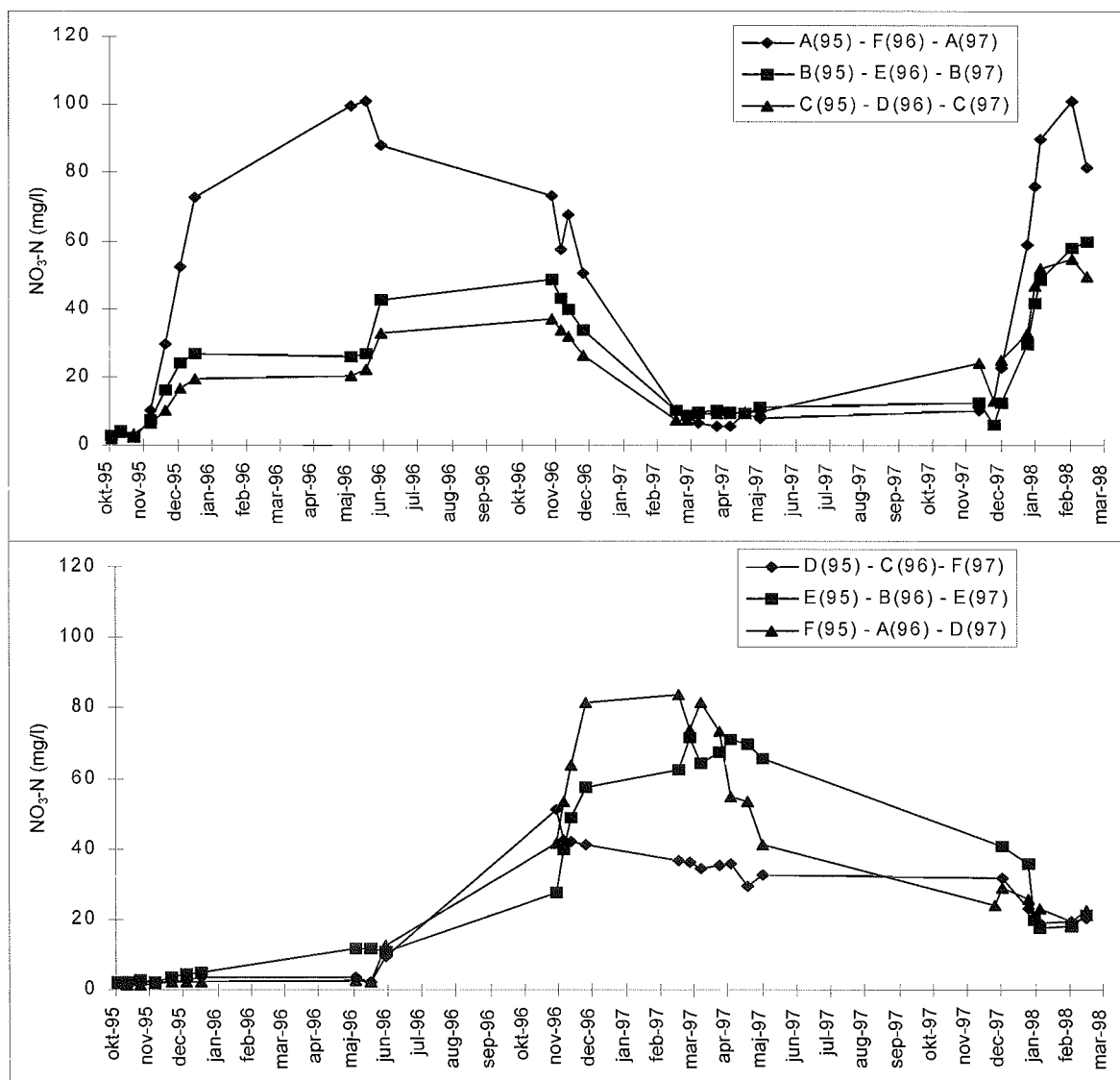
I vitkålsodlingen (Tabell 3) har gödslingen i de behovsanpassade leden inte kunnat sänkas jämfört med konventionell gödsling utan en viss sänkning av skörderesultatet. Restkvävemängderna har alltid varit låga och på en fullt acceptabel nivå (Tabell 3 och Fig. 3b). Möjligtvis kunde nivån på börvärdesnormen vid den sista gödslingen, ca 17 v. efter plantering, vara något lägre (se 1997 i tabell 3).

Kväve i dräneringsvatten och kväveutlakning

Avrinningen från lysimetrarna det första året (1995/96) var mycket låg, knappt 200 mm (Fig. 4), vilket kan ha medfört till att en del kväve i den nedersta delen av markprofilen i sallatsleden aldrig lakades ut under den aktuella vintern. Detta framgår också av mineralkväveprovtagningarna (Fig. 3a), där mellan 60 och 100 kg N återfanns i 30-90 cm-skiktet våren 1996. Detta kan ha bidragit till de höga kvävehalterna efter vitkålen under inledningsskedet av avrinningen hösten 1996 (Fig. 5). Den intensiva bevattningen och nederbörden under augusti 1996, bidrog sannolikt också till att stora mängder kväve fördes ned i de djupare skikten av profilen (Fig. 2b), vilket medverkade till de höga inledningshalterna (Fig. 5). (Observera att markkväve-värdena i skiktet 60-90 cm i figurerna 3a och 3b härrör från marken utan för lysimetern, där "fri dränering" mot djupare skikt föreligger).

De efterföljande åren var avrinningen nära den normala för området. Avrinningen från sallatsleden var genomgående högre under hösten till följd av vitkålens större vattenförbrukning under denna period, men också på grund av att kålens bladverk fångar upp en del av regnet som följaktligen aldrig når markytan (interseption). Avrinningsskillnader under vintern och våren, t.ex. 1996/97, får dock tillskrivas ojämnheter mellan lysimetrarnas infångning av vatten, små ojämnheter på markytan kan orsaka stora skillnader i "avrinningsområdets" storlek vilket slår hårt på så små ytor (Fig. 4). Nyttillverkade kantbarriärer ska förhoppningsvis reducera denna felkälla.

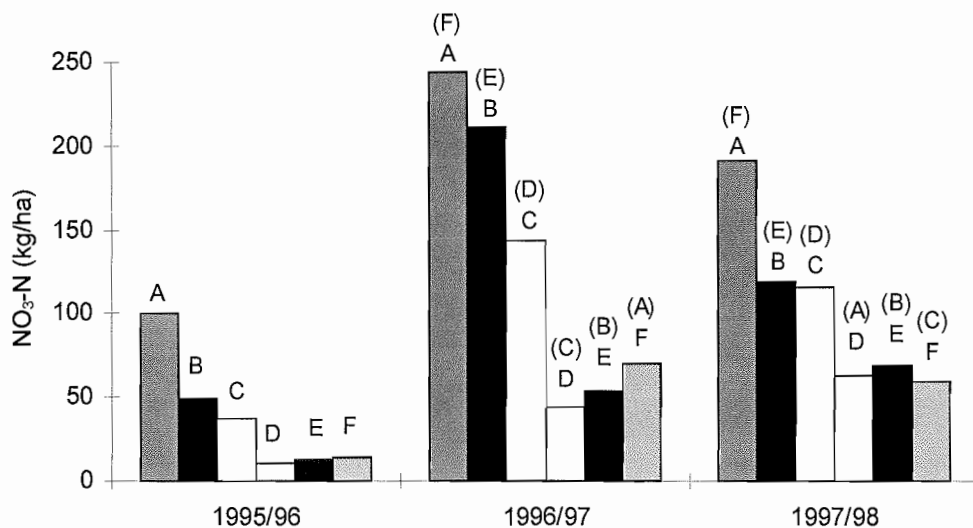
I sallat medförde den behovsanpassade gödslingen kraftiga reduktioner av kväveutlakningen, den största reduktionen erhöles med det reducerade börvärdet, led C (Fig. 6). Resultaten det sista året 1997/98, då samma gödslingsnorm tillämpades i både led B och C, indikerar att den tidigare skillnaden i utlakning mellan dessa led mestadels var en effekt av skillnaden i gödslingsnivå, och att den senarelagda bearbetningen hade mindre betydelse



Figur 5. Flödesvägda ledvisa medelkoncentrationer av nitrat-N i dräneringsvattnet.

(Fig. 6). Detta betyder att en ev. ytterligare anpassning/sänkning av kvävenormen till sallat sannolikt skulle sänka utlakningen ytterligare. Inför den sena bearbetningen (Led C) var skörderesterna efter sallat totalt nedvissnade och var inte ens provtagningsbara i början av november, det tycks som att nedbrytningen (mineraliseringen) började redan före nedbrukningen. Det kan tolkas som att en nedbrukning/bearbetning inför sådd av en eftersådd fänggröda, t.ex. höstråg inte behöver förväntas förorsaka någon betydelsefull ökning av nettomineraliseringen under hösten.

Till sist måste det påpekas att storleken på utlakningen efter sallat inte nödvändigtvis är representativ för sallatsodlingen i praktiken. Utlakningsnivåerna det andra och tredje försöksåret (Fig. 6) kan vara förhöjda på grund av den föregående odlingen av vitkål och nedbrukningen av vitkålsskörderester. Framtida undersökningar bör fokusera på att under svenska förhållanden finna en rimlig kvävenorm för sallat som om möjligt reducerar mängden restkväve, samt att utröna vilka ytterligare effekter som en eftersådd fänggröda kan ha på utlakningen. Börvärdesmetoden borde kunna förenklas för tillämpning i praktisk odling, helst



Figur 6. Beräknad årlig utlakning av nitrat-N. Föregående års gröda/behandling är indikerad inom parentes.

skulle man klara sig med en, högst två, jordprovtagningar per kultur. I försöket har inget av tämligen lättomsatta skörderester medför dock en kraftigt ökad nettomineralisering under efterföljande vår/sommar, men även under efterföljande höst. Förutom att anpassa/reducera gödslingen till efterföljande gröda krävs sannolikt åtgärder för att minska utlakningen under andra vintern efter vitkålsodlingen. Sådana åtgärder kan vara insådd fånggröda (rajgräs) i stråsäd, eftersådd fånggröda / höstgröda t.ex. höstråg eller ev. höstvete. Fånggrödan nedbrukas sen höst eller tidig vår. Den typen av motåtgärder skiljer sig inte ifrån vad som utvecklas och prövas i vanliga lantbruksgrödor, varför några ytterligare speciella insatser i vitkålsodling inte bedöms som nödvändiga för ögonblicket.

TILLKÄNNAGIVANDEN

Projektet var ett samarbete mellan avdelningen för vattenvårdslära vid Sveriges lantbruksuniversitet och Hushållningssällskapet i Halland, och har varit finansierat av SJV. Utformning och utförande skedde med hjälp av Göran Ekbladh vid Inst. för Norrländsk jordbruksvetenskap, SLU (då placerad på Torslunda trädgårdsförsöksstation på Öland). Projektledare har varit AgD Gunnar Torstensson på avd. för vattenvårdslära vid SLU. Försöksledarna Magnus Håkansson och Erik Ekre vid Hushållningssällskapet i Halland, har ansvarat för det praktiska utförandet vid Mellby.

Denna rapport utgjorde slutrapport till SJV för projektet men blev, av olika skäl, aldrig formellt publicerad då. Den har sedan projektet avslutades bara funnits tillgänglig i stencilform.

